First Serbian Road Congress
Belgrade, June 5 - 6 2014.

PROCEEDINGS

Генерални покровитељ

Удружење послодаваца путне привреде Републике Србије "Путар"

ЗБОРНИК РАДОВА

ПРВИ СРПСКИ КОНГРЕС О ПУТЕВИМА

Београд, 5-6 јун 2014.

www.kongresoputevima.rs

Платинасти спонзори

Holcim

LAFARGE

Telekomunikacija

Златни спонзори

SICK
Sensor Intelligence.

GRUPPO SINA

Сребрни спонзори

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

CARMEUSE

kapsch

ICOPAL

Hidroizolacije za moderno doba!
VILLAS
član grupacije Icopal

RASCO

DELTABLOC
INTERNATIONAL

FOCUS COMPUTERS

egis

NIS
GAZPROM NEFT

Бронзани спонзори

MP
institut MIHAJLO PUPIN

ViaCon

Спонзори

Инжењерска комора Србије

Институт за путеве

SIDPROJEKT

SAFETY-PRODUCT

Uniwab

GEOBRUGG
BRUGG

URBANIJI KOMPAKTNIJI TRAJNIJI **BOLJE POVEZANI** LEPŠI

GRADIMO BOLJE GRADOVE



Našim infrastrukturnim rešenjima doprinosimo boljoj povezanosti gradova i protoku saobraćaja i ljudi. Izgradnja mostova, tunela, puteva, železnica, aerodroma i stanica zahteva specifičan kvalitet, čvrstoću, bezbednost, održivost i dugotrajnost, suštinske vrednosti koje su deo naših rešenja.

LAFARGE
Gradimo bolje gradove™

ЗБОРНИК РАДОВА
Први српски конгрес о путевима, 5-6 јун 2014.

PROCEEDINGS
First Serbian Road Congress, June 5-6 2014.

Издавач
Српско друштво за путеве "VIA-VITA"
Кумодрашка 257, 11000 Београд

За издавача
Душан Богојевић

Уредници
проф. др Милан Вујанић
Биљана Вуксановић, дипл. инж. грађ.

Графички дизајн: Омнибус, Београд

Тираж: 300

ISBN: 978-86-88541-02-2



Doroport HRB 12.5

Vezivo za stabilizaciju nosećeg sloja kolovoza

Snaga. Stvaranje. Strast.

Holcim

ЗБОРНИК РАДОВА

Први српски конгрес о путевима, 5-6 јун 2014.

PROCEEDINGS

First Serbian Road Congress, June 5-6 2014.

Српско друштво за путеве "VIA-VITA"
Београд, 2014.

SIGURNI PUTEVI SRBIJE

Saobraćajna bezbednost je jedan od najvažnijih činilaca u planiranju i izgradnji autoputeva svuda u svetu. Jedan od sistema koji obezbeđuje veću bezbednost u smislu brze intervencije u slučaju vanrednih događaja je i „poziv u slučaju nužde“ **(SOS)**.

Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji



Mi radimo za Vas

Konzorcijum je formiran samo sa jednim razlogom - podizanje bezbednosti na putevima Srbije. U tom cilju razvijamo sistem poziva u slupčaju nužde, SOS projekat, koji će ujedno biti i prvi korak u uvođenju ITS bezbednosnog sistema u Srbiji. Za sve dodatne informacije o ovom bezbednosnom sistemu možete nas kontaktirati.

Telekomunikacija

Telekomunikacija d.o.o / Borisava Stevanovića b.b. 37109 Kruševac
Tel/Phone: (+381) 037 481 220; 481 230; 481 233
telekomunikacija@open.telekom.rs
www.telekomunikacija.rs

protech integra

Protech Integra d.o.o / Bul.Mihajla Pupina 189/1a, Beograd
tel.+381113191506 / mob.+381606008701
nebojsa.kiurski@protech.rs
www.protech.rs

COMMEND

COMMEND ADRIA d.o.o / Josipa Vogrinca 18,
HR-10000 Zagreb
Mob: + 385 98 239 127 / Tel/Fax: +385-1-369 11 23
d.labazan@commend.hr
www.commend.hr

МИТРАШИНОВИЋ

Mitrašinović d.o.o / Šalinačka 3b, 11300 Smederevo
tel:+381(0)26 672 818 / mob:+381(0)26 646 580
slobodan@mitrasinovic.com
www.mitrasinovic.com

САДРЖАЈ

Уводна реч
Милан Вујанић... 35

Поздравна реч
Биљана Вуксановић... 37

ТЕМА 1... Студије и пројектовање / Studies and Design

SOIL TREATMENT WITH LIME FOR FINE CLAYEY SOILS: AN ECONOMICAL SOLUTION FOR SUBGRADE, SUB BASE, BASE & CAPPING LAYERS
Christophe Denayer, Gabriele Tebaldi... 43

MAGISTRALNI PUT M18 (E 762) FOČA (BIH) - ŠĆEPAN POLJE (CG) KAO DIO GLAVNE PUTNE MREŽE REGIONA - PROJEKTOVANJE I MODERNIZACIJA
Predrag Šarkinović, Elvir Alić, Mario Jerčinović... 53

ODABIR OPTIMALNOG SISTEMA NAPLATE PUTARINE ZA MREŽU AUTOPUTEVA REPUBLIKE SRPSKE "CASE STUDY"
Draženko Glavić... 59

PREGLED DIMENZIONIRANJA SAVITLJIVIH KOLNIČKIH KONSTRUKCIJA U EUROPSKOJ I NAŠOJ REGULATIVI
Boris Čutura, Ivan Lovrić, Branko Mazić... 69

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE STABILNOSTI POTPORNIH ZIDOVA OD PREFABRIKOVANIH BETONBLOK ELEMENATA
Nebojša Davidović, Zoran Bonić, Verka Prolović, Nikola Romić, Nikola Davidović... 84

PROJEKAT AUTOPUTA E-80 NIŠ – DIMITROVGRAD
Milosav Rajković... 91

HIJERARHIJSKA KONTROLA PRISTUPA NA DRŽAVNE PUTEVE - OBAVEZA PLANERA/PROJEKTANTA
Dušan Savković... 119

EVALUATION OF TRAVEL TIME DATA COLLECTION AND TRAFFIC MONITORING TECHNOLOGIES FOR A WIDE-AREA NETWORK
Reza Omrani, Pedram Izadpanah, Goran Nikolic, Alireza Hadayeghi... 127

ИЗВОЂЕЊЕ ТУНЕЛА "БАНЦАРЕВО"
Слободан Савић... 139

SLOVENSKO ZAKONODAVSTVO NA PODRUČJU ODVODNJAVANJA I PROČIŠĆAVANJA PADAVINSKIH VODA IZ JAVNIH CESTA
Uroš Krajnc, Boris Stergar, Metka Pavčič.. 151

SAVREMENI PRINCIPI I METODOLOGIJA GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA U PUTNOM INŽENJERSTVU
Vladeta Vujanić... 160

NEKI ASPEKTI ZEMLJOTRESNE REGULATIVE VEZANE ZA SAOBRAĆAJNICE
Slobodan Nedeljković, Vladeta Vujanić, Milovan Jotić... 174

UTICAJ PADINSKIH PROCESA NA PUTNO INŽENJERSTVO SRBIJE
Vladeta Vujanić.. 181

ŠTA JE TO GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO, A ŠTA JE TO GEOTEHNIKA U PUTNOM INŽENJERSTVU – TUMAČENJA I ZNAČENJA NJIHOVIH POJMOVA
Vladeta Vujanić... 195

SEIZMIČKI RIZIK LINIJSKIH I TAČKASTIH OBJEKATA STVORENE SREDINE – NEKI ASPEKTI
Slobodan Nedeljković, Vladeta Vujanić, Milovan Jotić... 204

RAZVOJ GEOTEHNIKE U PUTEVIMA SRBIJE (1955 - 2013)
Vladeta Vujanić, Milovan Jotić... 209

GEODINAMIČKI PROCESI NA KOSINAMA AUTOPUTA E-80 OD PROSEKA DO CRVENE REKE
Vladan Vlajković, Željko Žugić, Sandra Milosavljević, Miodrag Pisarević... 219

PROŠIRENJE HOLANDSKOG AUTOPUTA A76 IZNAD POSTOJEĆE KOSINE NASIPA VERTIKALNO NASLAGANIM EPS-BLOKOVIMA
Milan Duškov... 225

TRAMVAJSKI I PUTNI NASIPI (SA VERTIKALNIM BOČNIM STRANAMA) OD EPS-BLOKOVA KOD NADZEMNOG TUNELA AUTOPUTA A4
Milan Duškov, Johan de Jongh... 230

EVALUATION OF ANALYTICAL TOOLS USED FOR THE OPERATIONAL ANALYSIS OF ROUNDABOUTS
Goran Nikolic, Rob Pringle, Kevin Bragg... 237

EXPRESSWAY SINGLE-LANE WORK ZONE CAPACITIES WITH COMMERCIAL VEHICLE IMPACTS
Goran Nikolic, Rob Pringle, Kevin Bragg, Diego Mendoza... 247

PLANNING AND IMPLEMENTING A SUCCESSFUL CLOSURE OF THE HIGHWAY 401 EXPRESS LANES WITH THE HELP OF MICRO-SIMULATION
Goran Nikolic, Rob Pringle... 257

“NOVA“ TEHNOLOGIJA GRADNJE NOSIVIH SPREGNUTIH GRAĐEVINA ČELIČNIM SPIRALNIM CIJEVIMA I KONSTRUKCIJAMA OD VALOVITIH LIMOVA U GRADNJI PROMETNICA
Mario Bogdan, Adam Czerepak, Łukasz Olek... 274

ISPITIVANJE NOSIVOSTI MANEVARSKIH POVRŠINA NA AERODROMU PODGORICA – PRORAČUN PCN-a
Ivan Andrić, SuzanaStefanović, Dragan Stojnić... 285

IZRADA FIZIČKIH MODELA PUTNOG POJASA METODOM 3D ŠTAMPE
Dejan Gavran... 294

GEOTEHNIČKO PROJEKTOVANJE ZEMLJANIH NASIPA I STABILIZACIONIH MERA PROCESA KLIZANJA PRILIKOM IZGRADNJE KORIDORA 10 NA DEONICI: PROSEK - CRVENA REKA
Srđan Spasojević, Dijana Milošević... 305

ULOGA SEKRETARIJATA ZA SAOBRAĆAJ U POSTUPKU PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA ULIČNE MREŽE GRADA BEOGRADA
Andrijana Pešić, Daniela Janković, Svetlana Stevanović, Ognjen-Petar Todorović... 317

SISTEM VOZAČ - VOZILO - OKOLINA I SAVREMENO PROJEKTOVANJE PUTEVA
Sanja Fric, Vladan Ilić, Filip Trpčevski.. 324

GEOTEHNIČKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA AUTOPUTA BEOGRAD-JUŽNI JADRAN (E-763), OD OSTRUŽNICE DO OBRENOVCA, DESNOM OBALOM SAVE
Branko Jelisavac, Vladeta Vujanić, Petar Mitrović... 335

PRORAČUN DEBLJINE BETONSKIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA ARMIRANIH VLAKNIMA
Nikola Gažo, Milan Bošnjaković... 342

PUTEVI I RIZICI PROUZROKOVANI POPLAVAMA
Mitja Brilly, Maruša Špitalar, Mojca Šraj, Simon Rusjan, Andrej Vidmar... 355

PROJEKTOVANJE PRETHODNE MEŠAVINE ZA POTREBE IZRADE CEMENTOM STABILIZOVANOG DONJEG NOSEĆEG SLOJA NA AUTOPUTU E80 NIŠ – DIMITROVGRAD
Dušan Panić, Ivana Radovanović... 363

SPECIFIKE PROJEKTOVANJA PUTA GRADSKO-PRILEP (R. MAKEDONIJA)
Riste Ristov, Goran Đorđević, Tereza Teodosijevska, Jovan Br. Papić, Slobodan Ognjenović... 371

AUTOPUT BAR – BOLJARE, DIONICA SMOKOVAC – MATEŠEVO, OSNOVNE KARAKTERISTIKE I OPREDJELJENJA
Miloš Knežević, Duško Lučić, Jasmina Ćetković, Željka Beljkaš... 377

PRIKUPLJANJE OTICAJA SA MOSTA “GAZELA”, NJEGOVO PREČIŠĆAVANJE I INFILTRACIJA
J. Despotović, N. Jaćimović, J. Plavšić, D. Pavlović, A. Djukić, A. Todorović, V. Živanović, S. Milić... 388

PODOBNOST PRIMENE OSNOVNIH METODOLOŠKIH POSTUPAKA U ANALIZI USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA VANGRADSKIM DEONICAMA PUTEVA
Ljubiša Kuzović, Vuk Bogdanović, Ruškić Nenad... 393

LAND SURVEY OF ROADS FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE
Vid Peterman... 401

ТЕМА 2... Стратегија развоја путног транспортног система / Road Transport System: Development Strategy

PRILOG ISTRAŽIVANJU METODOLOGIJE ZA IZRADU STRATEGIJE RAZVOJA, ODRŽAVANJA I REHABILITACIJE CESTA
Mehmed Bublin, Mirza Pozder, Suada Džebo... 409

THE SAFE ROAD TRANSPORT SYSTEM APPROACH
Hans-Joachim Vollpracht... 417

S PROMENOM UZORAKA UREĐENJA PROSTORA DO RAZVOJA ODRŽIVE MOBILNOSTI: SAZNANJA IZ PROJEKTA MORECO
Andrej Gulič... 429

UTICAJ UREDBE O KATEGORIZACIJI PUTEVA DONETE 27.02.2012. GOD. NA PRIVREDNI RAZVOJ TERITORIJE KOJU ODRŽAVA AD“NOVI PAZAR–PUT“
Izet Ljajić, Mirsada Uglić... 441

УЛАГАЊЕ У ВАРИЈАНТУ АУТОПУТА СУРЧИН - ОБРЕНОВАЦ УМЕСТО У ВАРИЈАНТУ ОСТРУЖНИЦА - ОБРЕНОВАЦ ИЗАЗВАЛО БИ НЕСАГЛЕДИВО ВЕЛИКЕ И ДУГОРОЧНЕ ЕКОНОМСКЕ ГУБИТКЕ
Љубиша Кузовић, Бранимир Уjдур, Боривоје Алексић... 453

ТЕМА 3... Финансирање градње и одржавање путне инфраструктуре / Construction Funding and Maintenance of Road Infrastructure

COST-BENEFIT И COST-EFFECTIVENESS АНАЛИЗА ЗИМСКОГ ОДРЖАВАЊА
Драженко Главић, Марина Миленковић, Александар Трифуновић... 462

УПРАВЉАЊЕ И ФИНАНСИРАЊЕ ПУТЕВА И ЖЕЛЕЗНИЦА У СРБИЈИ
Александар Цветановић... 471

PROBLEMI FINANSIRANJA DRŽAVNIH PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI PREMA ZAKONU O JAVNIM PUTEVIMA
Vladan Branković, Dejan Kocić, Momir Kočović, Dejan Bulajić... 484

PLANIRANJE I FINANCIRANJE CESTOVNE INFRASTRUKTURE
Ksenija Čulo... 492

ТЕМА 4... Одрживи развој и заштита животне средине / Sustainable Development and Environmental Protection

PRAĆENJE KVALITETA VODE I TLA TOKOM IZGRADNJE AUTOPUTA NA KORIDORU Vc, DEONICA ZVIROVIĆI-BIJAČA
Igor Jokanović, Sanda Zorić, Sandro Zovko... 502

PLANOVI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI ZA GRADOVE DUBROVNIK I KOTOR
Tomaž Blaž.. 513

REDUCTION OF POLLUTING SUBSTANCES IN THE ATMOSPHERE EMISSIONS BY APPLICATION OF THE CITY SIMULATION MODELING
Khaertdinov Almaz, Belyaev Eduard, Makarova Irina, Khabibullin Rifat... 524

PHONOBLOC - INNOVATIVE NOISE BARRIERS MADE OF CONCRETE
Gerald Lanz, Alexander Barnas... 534

PRIKAZ HEAVEN DSS PROJEKTA EVROPSKE UNIJE ZA UPRAVLJANJE BUKOM OD SAOBRAĆAJA U GRADOVIMA EVROPE
Vesna Zlatanović-Tomašević.. 541

ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У ЈАВНОМ ПРЕДУЗЕЋУ „ПУТЕВИ СРБИЈЕ”
Биљана Вуксановић, Ђорђе Митровић, Мимоза Јеличић, Душица Милинковић, Ивана Матић... 552

ZAŠTO PEPEO JOŠ NIJE UPOTREBLJEN U PUTNOM INŽENJERSTVU I KAKO GA UPOTREBITI
Vladeta Vujanić, Simo Tošović, Svetlana Jotić... 559

KAKO I GDE JE MOGUĆA PRIMENA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA PRI GRADNJI PUTEVA
Vladeta Vujanić, Simo Tošović, Svetlana Jotić... 565

MONITORING OBORINSKIH VODA U ČVORU ŠKURINJE NA RIJEČKOJ OBILAZNICI
Zdeslav Karlovac, Josip Rukavina, Sergije Babić... 573

CONSTRUCTION OF THE CORRIDOR Xc AND Xd MOTORWAYS – TOWARDS CLOSER COMPLIANCE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES
Milena Peric, Mick Hall, Aleksandar Bajovic... 585

APSORBIRAJUĆE BETONSKE BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE S GUMENIM GRANULAMA
Stjepan Lakušić, Ivica Kušević, Suzana Hozmec... 595

BIOREMEDIJACIJA BILjKAMA KAO METOD ZA ČIŠĆENjE ZAGAĐENIH ZEMLjIŠTA I PODZEMNIH VODA U PUTNOM POJASU
Vladan Tasić... 606

IZAZOVI PRILIKOM OCENE PROSEČNE GODIŠNJE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U ATMOSFERU OD DRUMSKIH MOTORNIH VOZILA U R. SRBIJI
Vladimir Momčilović, Aleksandar Manojlović... 613

THE SUCCESSFUL USE OF ASPHALT RUBBER IN SLOVENIA AND ITALY
Zvonko Cotič, Mitja Čotar, Ines Antunes... 623

PROTECTION FROM THE ROAD NOISE IN SUBURBAN AND URBAN CITY AREAS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Goran I. Mijoski, Risto Manchev... 635

REDUCING TRAFFIC NOISE IN SERBIA; GUIDELINES LOW-NOISE PAVEMENTS AND NOISE BARRIERS
W. van Keulen, B. Vuksanović, I. Andrić, Đ. Mitrović, K. Perić, M. Duškov, R. Westerveld... 646

UTICAJ IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH KORIDORA NA ZIVOTNU SREDINU, CASE STUDY E 75
Vukica Popadić Njunjić, Milovan Bekrić... 659

ИСПИТИВАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ СТРУГАНИМ АСФАЛТОМ НА ДЕПОНИЈАМА
Марко Орешковић... 666

A-T FRAME PRECAST LINEAR CONSTRUCTIONS
Andrej Cvar... 675

ТЕМА 5... Управљање путевима / Road Management

TEHNIČKA REVIZIJA POSLOVANJA TOKOM IZGRADNJE I REALIZACIJE PROJEKATA U AGENCIJAMA ZA PUTEVE
Igor Jokanović, Dragana Zeljić, Žarko Grujić.. 688

POKAZATELJI STANJA FLEKSIBILNIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA U FUNKCIJI UPRAVLJANJA PUTEVIMA
Dragan Mihajlović, Tatjana Grujanić... 696

INTELIGENTNO UPRAVLJANJE KONTROLOM PRISTUPA NA SAOBRAĆAJNICAMA VISoKOG RANGA
Miroslav Božović, Aleksandar Jovanović, Nenad Milutinović... 705

BAZA PODATAKA O KLIZIŠTIMA NA PUTEVIMA SRBIJE
Branko Jelisavac, Svetozar Milenković, Milovan Jotić... 711

KATASTAR KLIZIŠTA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA SRBIJE
Milovan Jotić, Mile Zlatković, Boško Ubiparip... 717

GEOTEHNIČKI MONITORING KLIZIŠTA NA PUTEVIMA SRBIJE
Branko Jelisavac, Svetozar Milenković, Dušan Tošić... 727

MANAGING HIGHWAY LANES - DOES IT IMPROVE EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS?
Goran Nikolic, Rob Pringle... 735

EVALUATING HOV PLANS AND PRIORITIES – THE CASE OF EXPRESSWAYS IN THE GREATER TORONTO AREA
Goran Nikolic, Rob Pringle... 748

BAZE PODATAKA U PROCESIMA UPRAVLJANJA PUTNOM MREŽOM SRBIJE
Đorđe Uzelac... 762

PLANIRANJE ODRŽAVANJA PUTNIH MOSTOVA
Mašović Snežana, Hajdin Rade... 771

ТЕМА 6... Изградња и одржавање путева и објеката / Construction and Maintenance of Roads and Structures

PREVENCIJA ZALEĐIVANJA MOSTOVA, UVEK DOSTUPAN PUT
Biljana Vuksanović, Miloš Zdravković... 782

ANALIZA STABILNOSTI NASIPA NA TRASI AUTOPUTA KORIDOR Vc, DIONICA SVILAJ – ODŽAK
Neđo Đurić, Petar Mitrović... 793

УПРАВЉАЊЕ ИЗГРАДЊОМ АУТОПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ
Боро Здјелар... 799

STABILIZATION OF A DEEP CUTTING ALONG THE HIGHWAY A63 KEISERSLAUTERN – MAINZ, GERMANY, WITH A FLEXIBLE SLOPE STABILIZATION SYSTEM
Vjekoslav Budimir, Volker Leonhardt, Armin Roduner... 810

KORIŠĆENJE SMART TELEFONA I GOOGLE EARTH KAO SREDSTVA ZA PRAĆENJE RADOVA NA TERENU
Milena Perić... 817

SVOJSTVA PROPUSNIH BETONA I MOGUĆNOST NJIHOVE PRIMENE U SAVREMENOJ PUTOGRADNJI
Milija Stojanović, Miloš Šešlija, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin... 829

HIDROIZOLACIJA BETONSKIH MOSTOVA - ISKUSTVA IZ PRAKSE
Tatjana Bošković, Imre Pap, Milorad Smiljanić... 839

REGIONAL BALKAN CASE STUDIES OF GEOSYNTHETIC REINFORCED SOIL STRUCTURES AND ASPHALT REINFORCEMENT USED FOR THE CONSTRUCTION OF NEW OR UPGRADED HIGHWAY ROUTES. DESIGN ASPECTS, PHILOSOPHY AND CONSTRUCTION EXPERIENCES
N. Corney, D. Alexiew, Marija Bakrac... 848

ISKUSTVA U PRIMENI ADITIVA ZA SNIŽENJE TEMPERATURE KOD PROIZVODNJE I UGRADNJE ASFALTA U SRBIJI
Milorad Smiljanić, Imre Pap, Uroš Tatić... 860

OSVRT NA ISTRAŽIVANJA TERENA NA TRASI AUTO PUTA KORIDOR Vc, DIONICA JOHOVAC – DOBOJ JUG, PODRUČJE “USORA“
Neđo Đurić... 867

STABILIZACIJA SEKUNDARNIH I OTPADNIH MATERIJALA SA CEMENTOM UZ DODATAK ADITIVA
Simo Tošović, Vladeta Vujanić, Marijana Nikolić... 874

УСАГЛАШАВАЊЕ ТЕХНИЧКИХ УСЛОВА ИЗ ПРОЈЕКТА СА КВАЛИТЕТОМ ДОСТУПНИХ КАМЕНИХ АГРЕГАТА
Сузана Стефановић, Оливера Ђокић, Братислав Милић... 880

PRIMENA VALJKOM ZBIJENOG BETONA U PUTOGRADNJI
Mirko D. Petković... 892

REHABILITACIJA AUTOPUTA E-75, DEONICA: PROLAZ KROZ BEOGRAD
Ivan Andrić, Dragan Stojnić... 904

ISKUSTVA U UPOTREBI HOBAS CENTRIFUGALNIH CEVI ZA ODVODNJU MOSTA
Jelena Milošević, Eduard Hesky, Stefan Wutte... 915

TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE I ORGANIZACIONE PROMENE U PEDESETOGODIŠNJEM PERIODU
Izet Ljajić, Ertan Ljajić, Senad Ibragić, Fatima Ramović... 921

ISKUSTVA U ODRŽAVANJU DRŽAVNIH PUTEVA NA TERTORIJI KOJU POKRIVA AD “NOVI PAZAR-PUT“
Ibrahim Škrijelj, Nermin Ljajić... 932

SPECIAL SOLUTIONS FOR ROAD INFRASTRUCTURE – 10 YEARS OF ROMANIAN EXPERIENCE
Eugen Florescu, Elena Lipan, Cristian Apostol... 943

PRAĆENJE PROJEKATA KORIŠĆENJEM INFORMACIONIH SISTEMA
Ertan Ljajić... 951

SPECIFIČNOSTI IZVOĐENJA RADOVA NA ADMINISTRATIVNOM PRELAZU „JARINJE“ I NA MOSTU PREKO POTOKA „BREĐA“
Izet Ljajić, Sead Mujović, Edin Ljajić... 961

INTERNA KONTROLA KVALITETA U LABORATORIJAMA
Vesna Šijaković... 974

ТЕМА 7... Безбедност саобраћаја на путевима / Road Traffic Safety

ПРИМЕНА ТЕХНИЧКИХ СРЕДСТАВА ЗА УСПОРАВАЊЕ САОБРАЋАЈА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
Биљана Вуксановић, Слободан Мудреша, Владо Ракочевић, Ивана Суботић... 982

DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL TRANSPORT ON-BOARD SYSTEMS FOR THE PURPOSE OF TRAFFIC SAFETY INCREASE
Eduard Belyaev, Irina Makarova, Rifat Khabibullin... 988

INCREASING TRAFFIC SAFETY ON SERBIAN ROADS BY USING STATE OF THE ART CONCRETE SAFETY BARRIERS ACCORDING TO APPLICABLE EUROPEAN STANDARDS
Thomas Edl... 998

ISPITIVANJE ZNANJA VOZAČA O PRAVILIMA BEZBEDNOG PONAŠANJA NA KRUŽNIM RASKRSNICAMA
Svetlana Čičević, Dr Draženko Glavić, Aleksandar Trifunović, Marina Milenković... 1005

PASSIVELY SAFE ROAD INFRASTRUCTURE - JUST A FASHION TREND OR A REAL NEED?
Demeter Prislan... 1014

VEŠTAČENJE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA I PRIMENA NA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJ
Milan Vujanić, Nenad Marković... 1022

PILOT STUDIJA PROVERE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA DRŽAVNOM PUTU IIA-100 DEONICA INĐIJA-BATAJNICA
Đorđe Vranješ, Branimir Miletić, Nikola Brborić... 1029

ПРИМЈЕНА РСИ – ПРОВЈЕРЕ БЕЗБЈЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ДИОНИЦИ МАГИСТРАЛНОГ ПУТА М4, ОД КОЗАРЦА ДО СРЕДЊЕ ЛАМОВИТЕ - СТУДИЈА СЛУЧАЈА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ
Далибор Пешић, Вања Вожни, Александар Трифуновић, Лука Ленхардт... 1038

STAVOVI VOZAČA I UPOTREBA ITS TEHNOLOGIJE ZA POVEĆANJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U USLOVIMA SMANJENE VIDLJIVOSTI
Boris Antić, Aleksandar Trifunović, Luka Lenhardt, Vanja Vožni, Svetlana Čičević... 1047

ПРИЛОГ РАЗВОЈУ СТРАТЕГИЈЕ ЗА КОНТРОЛУ СРЕДЊЕ БРЗИНЕ ВОЗИЛА
Крсто Липовац, Гојко Везмар... 1054

PROPUSTI ZA NASTANAK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U ZONI OŠTEĆENJA ODNOSNO RADOVA NA PUTEVIMA
Milan Vujanić, Tijana Ivanišević... 1063

ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA DELU OBILAZNICE DOBANOVAČKA PETLJA - OSTRUŽNICA, U PERIODU OD 2010-2013. GOD.
Boris Antić, Zlatko Belencan, Dragan Lončarević, Nenad Marković... 1074

ANALIZA UTICAJA REHABILITACIJE DRŽAVNOG PUTA NA BRZINE
Dalibor Pešić, Nenad Marković, Marko Trifunović... 1081

INDIKATORI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA KOJI SE ODNOSE NA PUTEVE
Dalibor Pešić, Krsto Lipovac, Hans-Joachim Vollpracht, Boris Antić... 1088

PERCEPCIJA RIZIKA VOZAČA I NJEN UTICAJ NA NASTANAK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA
Marjana Čubranić-Dobrodolac, Krsto Lipovac, Svetlana Čičević, Vladan Tubić... 1098

PRIMENA VREMENSKIH MODELA U ANALIZI FREKVENCIJE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA RURALNIM PUTEVIMA
Svetlana Bačaklić, Boško Matović, Dragan Jovanović... 1105

ПРЕГЛЕД АЛАТА ЗА ОЦЕНУ БЕЗБЕДНОСТИ ПУТА КОЈИ СУ ПРИМЕЊИВАНИ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ
Драгослав Кукић, Дарко Петровић, Крсто Липовац, Далибор Пешић... 1114

INFRASTRUKTURA ZA PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA
Predrag Vučinić, Nenad Vučinić... 1123

SAVREMENE METODE ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA POBOLJŠANJEM FAKTORA PUT
Boris Antić, Dalibor Pešić, Jürgen Gerlach, Miladin Nešić... 1131

ANALIZA ZAVISNOSTI BROJA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA I OBIMA SAOBRAĆAJA NA PUTU
Dejan Anđelković, Boris Antić, Dragan Jovanović... 1137

PROTOKOLI SISTEMA UPRAVLJANJA TUNELOM - TUNEL STRAŽEVICA
Nenad Vučinić, Predrag Vučinić... 1145

МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ИТС УРЕЂАЈА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА
Миладин Нешић, Зоран Пешовић, Емир Смаиловић... 1152

ANALIZA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U OKRUŽENJU ŠKOLE
Milan Vujanić, Duško Pešić... 1165

УПРАВЉАЊЕ ПУТЕВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ СА АСПЕКТА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА
Демир Хаџић, Јасмина Јовановић, Оливера Стевић Леденчан, Петар Красић... 1174

UPOTREBA COMPUTER VISION REŠENJA U POVEĆANJU BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA
Ivana Jovančić, Goran Đajić... 1181

UPRAVLJANJE KONTROLOM PRISTUPA - EFIKASNOST I BEZBEDNOST PUTNE MREŽE SRBIJE
Vladan Tubić, Marijo Vidas... 1191

DETECTION OF VEHICLE-BORNE HAZARDS WITH ROADSIDE EQUIPMENT
Christoph Seewald, Othmar Lackner... 1201

ZAŠTITA OD POŽARA U TUNELIMA
Zorana Sekulović, Dragan Sekulović... 1211

THE COMPETENCES OF THE ROAD ADMINISTRATIONS IN GERMANY
Konrad Bauer... 1221

ROAD SAFETY DEVELOPMENT IMPACT BONDS INNOVATIVE WAY TO FINANCE ROAD SAFETY IN DEVELOPING COUNTRIES
Alan Ross, Mariya Ivchenko... 1230



PREVENTING TUNNEL DISASTERS OUT OF THE BLUE.

THIS IS SICK

Sensor Intelligence.

Alois is a deep thinking engineer with ASFiNAG in Graz/Plabutsch, Austria. Alois wants to have a tunnel that never catches on fire. His boss finds that quite ambitious. Alois finds and implements SICK LMS511 laser scanners and thermal imaging cameras within the VHD vehicle Hot Spot Detector. Now all heavy traffic through the Karawanken tunnel is scanned for thermal abnormalities – before it enters the Karawanken tunnel. And trucks with glowing brakes or really hot loads are red-lighted out of the blue. Alois finds this is a light at the end of a long tunnel, too. We think that's intelligent. www.sick.at/en

www.grupposina.it

SINECO







"SERVICES FOR ROAD ENGINEERING"

SINECO has a considerable expertise in consultancy services for road sector, aimed to conduct diagnostic tests on pavement conditions through highly technological equipment, as well as a considerable expertise in pavement management systems and in road inventory activities.

SINECO has a great know-how on specialized sector consulting, in particular:

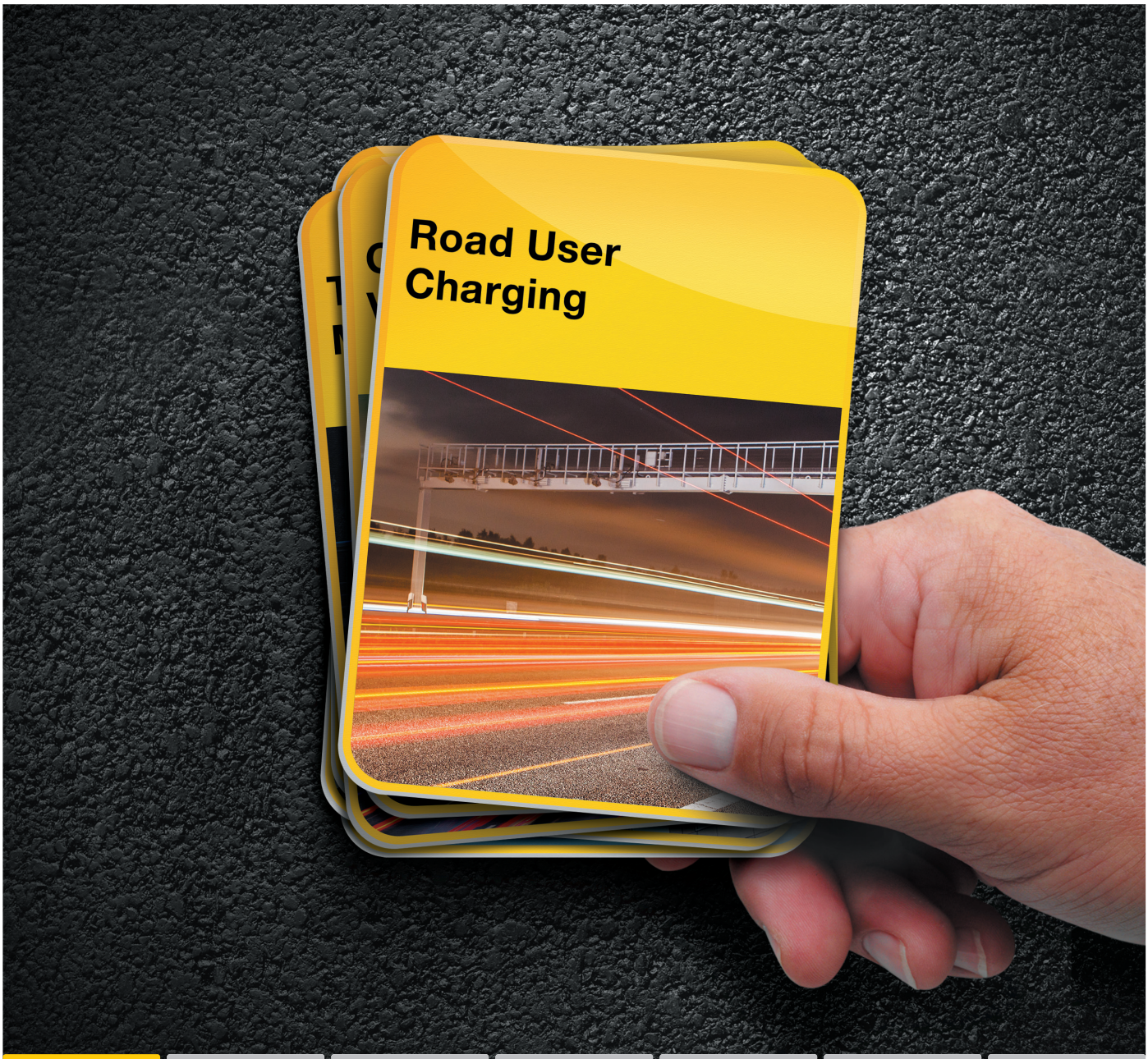
- **Bearing capacity tests** of pavements with FWD devices.
- **Longitudinal/transverse roughness tests** of road surfaces with laser profilometers.
- **Surface distress condition tests** of pavements with LRIS device.
- **Surface friction condition tests** of pavements with the SCRIM device.
- **Night and day visibility tests** of road markings with mobile devices.
- **Phonometric tests and critical areas mapping** regarding sound pollution caused by traffic.
- **Air pollution tests** both regarding particulate matter and gas pollutants.
- **Pavement stratigraphic tests** through Ground Penetrating Radar devices.
- **Dimensional and topographic surveys of road networks** with Laser Mobile Mapper.
- **Road Modelling Services**, modelling through laser scanning techniques.
- **Lab controls while work is in progress** on building materials.
- **Software and Road GIS Databases** for road network management.

ilac-MRA

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N°0753

GRUPPO SINA

Kapsch TrafficCom



Road User Charging | Urban Access and Parking | Road Safety Enforcement | Commercial Vehicle Operations | Electronic Vehicle Registration | Traffic Management | V2X Cooperative Systems

Kapsch TrafficCom provides products, subsystems, and systems up to complete end-to-end customer solutions addressing all type of road user charging schemes starting from cash lane plaza solutions up to all electronic/ free-flow tolling, based on time, distance, zone or on a combination. From manual to electronic, from single-lane to free-flow and from highway to all road tolling – we offer the best fit solutions for our customers. **www.kapsch.net**

always one step ahead

CARMEUSE

JELEN DO

Carmeuse, prirodna rešenja za sve kojima treba partner za isporuke kreča i krečnjaka

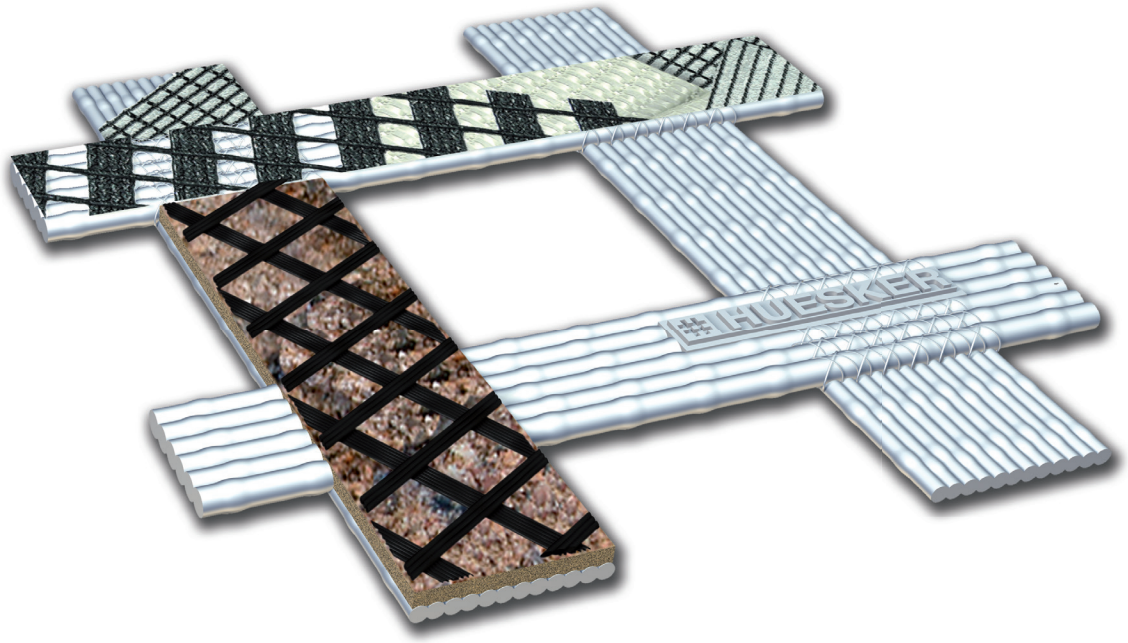


- Isporučujemo preko 42 miliona tona kreča & krečnjaka svake godine
- Pouzdanost isporuka obezbeđena zahvaljujući globalnoj mreži preko 100 kompanija, od čega 16 u regionu Jugoistočne Evrope
- Investiramo već 152 godine u pronalaženje I unapređenje sirovinske baze i proizvodne opreme, kao i razvoj proizvoda kako bi osigurali zadovoljenje vaših postojećih I budućih potreba
- Na raspolaganju su naša znanja I iskustva kako bi se pronašla efikasna I inovativna rešenja

Za više informacija posetite www.carmeuse.rs i putem info@carmeuse.com tražite podršku/posetu naših lokalnih stručnjaka

Ideen. Ingenieure. Innovationen.

HUESKER – Engineering with Geosynthetics



HUESKER Geosynthetics
Geogrids, wovens, composites, geosynthetic-clay liners, non-wovens, as well as marine and dewatering tubes and erosion protection mats for your application in...

Earthworks and Foundations

Roads and Pavements

Hydraulic Engineering

Environmental Engineering

HUESKER engineers support you with the realisation of your construction projects. Rely on the products and solutions of HUESKER.

HUESKER Synthetic GmbH
48712 Gescher · Germany
Phone: + 49 (0) 25 42 / 701 - 0
Mail: info@HUESKER.de

www.HUESKER.com

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.



ICOPAL - svetski lider za hidroizolacije

ICOPAL je osnovan 1846. godine, u Danskoj. Od svog početka, primarni fokus organizacije bili su hidroizolacioni proizvodi i sistemi. Zacrtani cilj - postati lider na tom polju.



Vremenom, firma je prerasla u grupaciju koja danas, sa 35 proizvodnih pogona, 4.000 zaposlenih u 85 zemalja širom sveta, i godišnjim prometom od preko 1.200 mil €, predstavlja Evropskog lidera na polju hidroizolacija. Takođe, sa ponosom možemo istaći bogato iskustvo od preko 165 godina, kao i uspešnu saradnju sa više od 30.000 zadovoljnih kupaca širom sveta.



Proizvodni program grupacije **ICOPAL** obuhvata čitav spektar proizvoda, i pomoćnog materijala, neophodnih za savremene zahteve vezane za izolacije:
- bitumenske membrane
- tečne hidroizolacije
- geomembrane
- prajmeri, paste i mase
- PVC i FPO membrane



Proizvodi grupacije **ICOPAL** i fabrike **Villas**, već dugo godina su prisutni na tržištu Srbije. Otvaranje lokalne kompanije, bio je prirodni nastavak želje da se našim korisnicima pruži što kvalitetnija usluga. Ta težnja realizovana je u Avgustu 2012 godine, osnivanjem firme **Icopal doo**. Sa kancelarijskim i magacinskim prostorom u Dobanovcima, na samo nekoliko kilometara od Beograda, prodaja je organizovana preko regionalnih poslovnih partnera, što svim zainteresovanim kupcima umnogome olakšava dolazak do svih naših proizvoda.



Reference u Evropi:
BiH 31.328 m²
Švajcarska 1.700 m²
Austrija 100.000 m²
Nemačka 173.000 m²
Hrvatska 26.460 m²
Luksemburg 3.730 m²
Crna Gora 3.780 m²
Slovenija 20.635 m²



Reference u Srbiji:
- most Ada (157.000 m²)
- most "N. Beška" (73.000 m²)
- most "Sloboda" (25.000 m²)
- most "Mutnica" (2.500 m²)





Hidroizolacije za moderno doba!

VILLAS

član grupacije Icopal

Icopal d.o.o.

Stražilovska 7
11272 Dobanovci
tel/fax +381 11 8444 005
mob: +381 63 877 1585
icopaldoo@gmail.com
www.villas.at

RASCO

ROAD SERVICE TECHNOLOGY





Efikasnost u radu

Jednostavno održavanje i korišćenje

Sigurna upotreba

Multifunkcionalnost









RASCO profesionalna komunalna oprema za održavanje putne infrastrukture tokom cele godine.

U sve RASCO uređaje ugrađeno je skoro četvrt veka iskustva i tradicije u proizvodnji profesionalne opreme za održavanje putne infrastrukture tokom cele godine. Jednostavnost upotrebe, veliki učinci u radu, sigurno rukovanje i dug radni vek uređaja su, uz osiguranu postprodajnu podršku, garancija vrednosti koju dobijate za Vaš novac. Pridružite se RASCO porodici i proverite iz prve ruke zašto je RASCO izbor kupaca na više od 30 tržišta Evrope, severne i središnje Azije.

A Ustanička 128 b, 11 000 Beograd **T** +381 (0) 11 347 37 34
F +381 (0) 11 347 37 34 **M** simonicdragan@rasco.rs

A Ulica Kneginje Ljubice 1/II, 18 000 Niš **T** +381 (0) 18 247 673
F +381 (0) 18 246 398 **M** vuceta@rasco.rs

www.rasco.eu





Egis is an international group offering engineering, project structuring and operations services.

In engineering and consulting its sectors of activity include transport, urban development, building, industry, water, environment and energy. In roads and airports its offer is enlarged to encompass project development, equity investment, turnkey systems delivery, and operation and maintenance services.



Egis has been present for the last 20 years in south-eastern Europe with several subsidiaries in several countries in the region amongst which our subsidiary in Serbia – Egis d.o.o. Beograd. Besides these subsidiaries, Egis also has project offices in Albania, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Macedonia and Montenegro, having more than 10 ongoing projects in the region.

With **12,000** employees, including **7,500** in engineering, and a turnover of **€881 million** in 2013, the group is present in over **100** countries and has around **50** offices in France.

www.egis-group.com

egis

Caisse des Dépôts GROUP

© Egis, F. Joudat - Fotolia, Thieury - May 2014

Plateia
by **CGS plus**

Plateia je profesionalni softver za izradu svih vrsta projekata saobraćajnica, od novih do rekonstrukcije postojećih. To je sveobuhvatno, kompletno ali ipak jednostavno rešenje za projektovanje puteva.

AUTODESK AUTOCAD MAP 3D Compatible
AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D Compatible
AUTODESK AUTOCAD Compatible
DEVELOPED FOR BRICSCAD

Plateia svojim komandama i alatima prati korisnika kroz sve faze projektovanja; od početnog unosa geodetskih podataka do složenih 3D modela putnog pojasa sa alatima za analizu, izradu dokumentacije i prezentaciju.

To uključuje rad sa DTM-om, iskopima, osovinama, profilima, deonicama pa čak i sa saobračajnim znakovima i oznakama. Sa lakoćom obrađuje velike projekte sa osovinama od po nekoliko stotina kilometara.

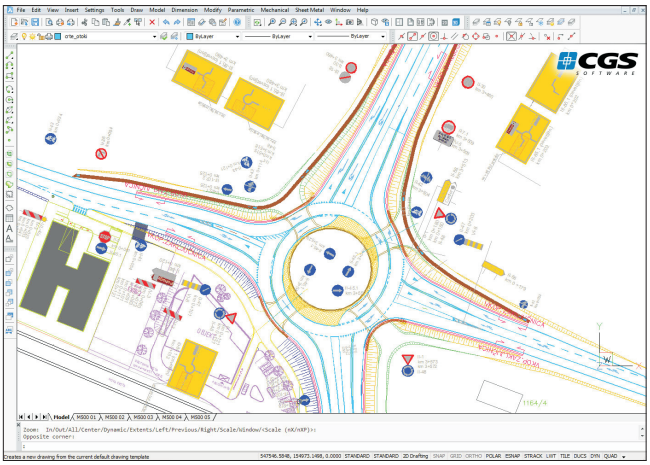
Plateia olakšava korisniku pripremu profesionalnih crteža koji sadrže tehničku dokumentaciju kao što su proračuni količina sa složenim masenim dijagramima po različitim standardima. 3D model omugućava korisniku razne analize kao što je prolaznost vozila, preglednost, odvodnjavanje i slično.

Plateia se dokazala u projektima puteva svih vrsta i veličina:

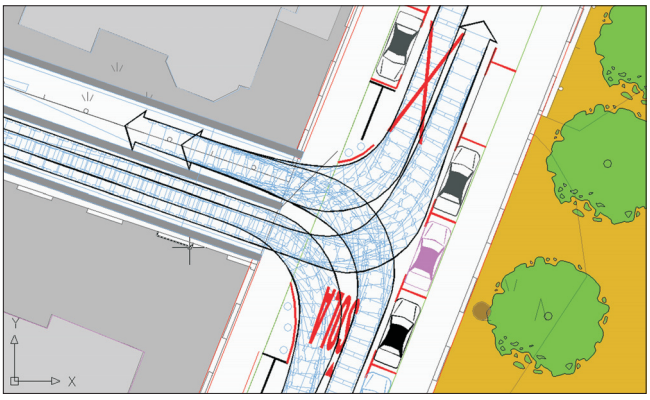
- Projekti autoputeva i regionalnih puteva sa kompleksnim ukrštanjima, lokalnih puteva, priključnih i nekategorisanih puteva.
- Rekonstrukcije i rehabilitacije postojećih puteva.
- Uređenje terena i količine.



Vizuelizacija kružne raskrsnice kreirana iz Plateinog modela



Projektovanje kružnog toka pomoću Plateie – situacija


Plateia ima rešenje i za analizu prohodnosti – Autopath

www.plateia-software.com

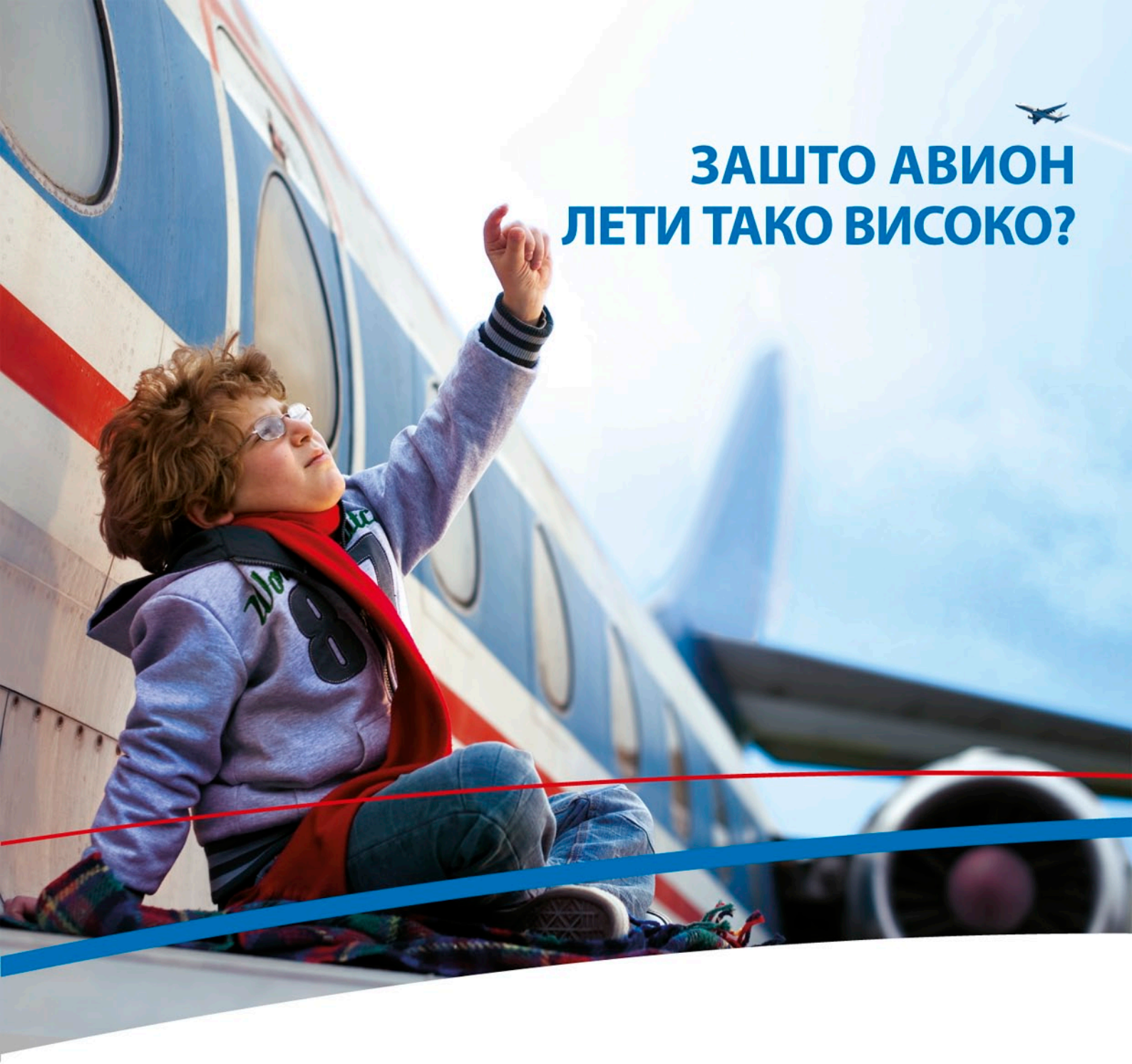
Predstavnik za Srbiju

FOCUS Computers d.o.o.
Hala Pinki, Zemun
Gradski Park 2, 11080 Beograd

Internet: www.focus-computers.rs
e-mail: info@focus-computers.rs

CGS plus d.o.o.
Innovative IT and Environmental technologies
Brnčičeva ulica 13, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
Internet: www.cgsplus.com Tel.: +38615301100

AUTODESK Authorised Developer
BRICSCAD SOLUTION PARTNER



ЗАШТО АВИОН ЛЕТИ ТАКО ВИСОКО?

Енергија живота

NIS
GAZPROM NEFT

Naše betonske zaštitne barijere su fleksibilne i čvrste.

Odaberite odgovarajući sistem zaštite saobraćaja.

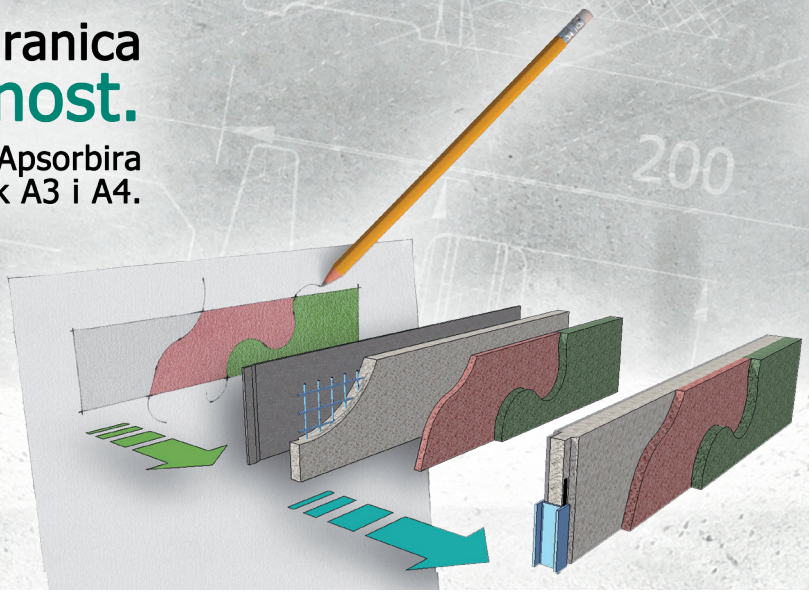
DELTABLOC®
SAFETY BARRIERS



Jedina je granica vaša keativnost.

Sada vaš dizajn Apsorbira zvuk A3 i A4.

PHONOBLOC®
NOISE BARRIERS



DELTABLOC®
INTERNATIONAL

DELTABLOC International GmbH
Lendavska ulica 11
9000 Murska Sobota, Slovenija
P: +386 817 101 35
F: +386 817 101 93
office@deltabloc.rs
www.deltabloc.rs

DELTABLOC International GmbH
Industriestrasse 28,
2601 Sollenau, Avstrija
P: +43 57715 / 470 - 0
F: +43 57715 / 470 - 474
office@deltabloc.com
www.deltabloc.com

SISTEMI UPRAVLJANJA U SAOBRAĆAJU

- Elektronska naplata putarine
- Centri daljinskog nadzora i upravljanja
- Analiza, predikcija i optimizacija saobraćaja
- Prepoznavanje prekršaja i prekršilaca
- Bezbednosno-kritični sistemi
- Javna parkirališta i garaže
- Pristupna kontrola
- Signalizacija
- Tuneli



institut MIHAJLO PUPIN

Volgina 15, 11060 Belgrade, Serbia
Tel: +381 11 6772 876
Fax: +381 11 6776 583
Website: www.pupin.rs
E-mail: info@pupin.rs

ViaCon

ViaCon Sp. z o.o., Polska, www.viacon.pl

SuperCor®
Nova tehnologija gradnje mostova



HelCor® i HelCor PA®
Čelične spiralne cijevi od valovitog lima



MultiPlate MP200
Čelične cijevi od valovitog lima



ViaBlock



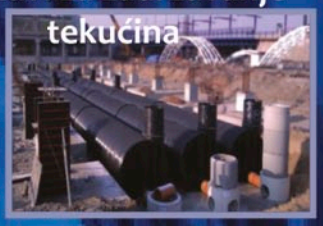
ViaWal A typ 1 i typ 2
Potporni zidovi od armiranog tla



ViaWal B



Podzemni spremnici
Sustavi za zadržavanje tekućina



Pridružite nam se u kreiranju bolje budućnosti
Join us in creating a better future



PP i PE glatke i...

Pecor Optima ®
i Pecor Quattro



...korugirane cijevi

ACROW ® 700XS®





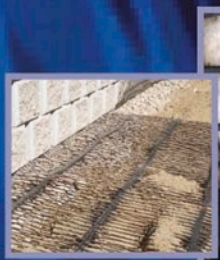
Privremeni mostovi

ViaFence
Sustav za usmjeravanje i zaštitu vodozemaca





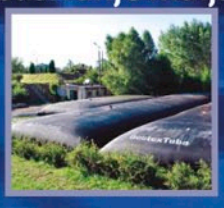
Geosintetici







GeotexTuba
Sustav za odvodnju i isušivanje mulja



Zastupnik

PROTEKTA Integralna zaštita

Protekta Plus d.o.o. Beograd, Srbija
Protekta d.o.o. Zagreb, Hrvatska
www.protekta.hr



Schäfer- Blowpatcher



Schäfer- Mikroasfalt



Schäfer- Zalivanje pukotina



Brodd- Vučna čistilica



Vilakone – Zimska služba



Bag – Mašina za posipanje bankina



Linnhoff – Koherice i finišeri za liveni asfalt



Lintec – Asfaltne i betonske baze



ATC – Asfaltni termo kontejner



Menzi Muck – Bager pauk



Stehr- Vibro ploče



Denso – Šlus trake

Uniwab d.o.o. Beograd, Pirandelova 14
t/f 011/3475-171, office@uniwab.rs
www.uniwab.rs

1 TECCO® SYSTEM³ large scale field test, October 2012
2 TECCO® SYSTEM³ installation, B462, Germany
3 Maximum inclination angle of 85° during the field test





TECCO® SYSTEM³ stabilizes slopes, even under extreme conditions



... validated by the large scale field test with an inclination angle of 85°.

The TECCO® high-tensile mesh, the TECCO® spike plates and the TECCO® connection clips, functioning together as a slope stabilization system, successfully held back 270 metric tons of unconsolidated gravel at a test frame inclination angle of 85°:

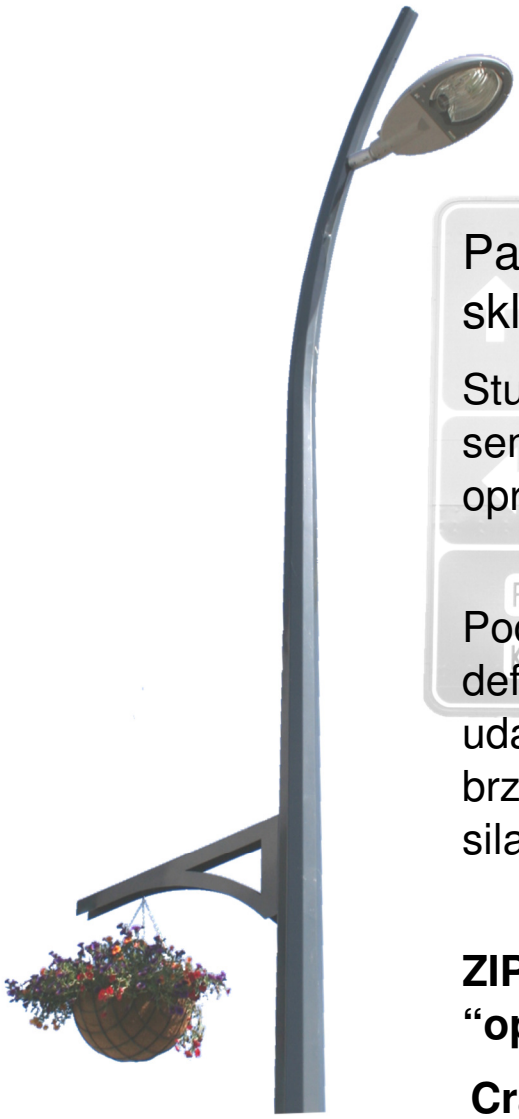
- test frame 10 x 12 x 1.2 m
- nail grid 2.5 x 2.5 m with GEWI 28 mm

Are you designing slope stabilization projects? Contact us for more information and discuss your needs with our specialists.

Scan to watch the test movie

GEOBRUGG®
BRUGG

Vjekoslav Budimir
Geobrugg AG
Representative office in the Republic of Croatia
HR-10000 Zagreb • Croatia
Phone: +385 1 78 88 080
Mobile: +385 91 665 98 45
www.geobrugg.com
vjekoslav.budimir@geobrugg.com



ZIP pole

Pasivno bezbedni stubovi certificirani u skladu sa Europskom normom EN 12767

Stubovi – nosaći opreme puteva: svetiljki, semafora, saobraćajnih znakova i tabli, koji opraštaju greške vozaća.

Pod silom naleta vozila, stub se postepeno deformiše. Na takav način preuzima energiju udarca. Vozilo se zaustavi ili mu se bitno smanji brzina a time se bitno smanji delovanje štetnih sila na tela putnika u vozilu.

ZIP stub će spasiti živote stvarajući "opraštajuće puteve".

Crash video-clipovi na www.zippole.com

www.zippole.com

SAFETY-PRODUCT

Safety Product NV

Boudewijnlaan 5

2243 Pulle

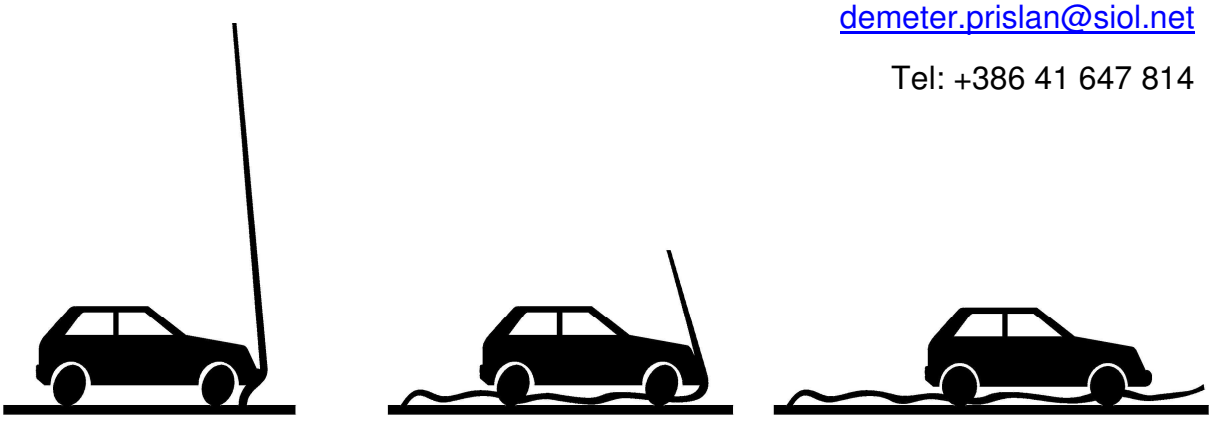
Belgium

carolien.willems@safety-product.eu

Tel: +32 473 71 20 24

demeter.prislan@siol.net

Tel: +386 41 647 814



СРПСКО ДРУШТВО ЗА ПУТЕВЕ
"V I A - V I T A"

Основана 1934

Стручна организација, ради на развоју српске и глобалне путне заједнице. Струковно, непрофитно удружење, са основним активностима које се односе на организовање конгреса, стручних скупова, публиковање часописа, књига, зборника радова и сл.

SERBIAN ROAD ASSOCIATION
"V I A - V I T A"

Established 1934

Professional organization, developing Serbian, Regional and International road community, with core activities concerning the organization of congresses, conferences, panel discussions, seminars, publishing, books, magazine, proceedings, papers, etc

Активности

Активности Српског друштва за путеве "VIA-VITA" су:

- конгреси,
- стручни скупови,
- трибине,
- панели,
- округли столови,
- скупштине СДП "VIA-VITA",
- издавање стручне литературе,
- издавање часописа,
- консултантске услуге, и др.



Часопис "Пут и саобраћај"

Часопис "Пут и саобраћај", у издању Српског друштво за путеве "VIA-VITA" доноси најновије научне и стручне радове из путног и саобраћајног инжењерства.



Публикације

Српско друштво за путеве "VIA-VITA" издаје широки спектар публикација:

- зборника радова,
- уџбеника,
- приручника,
- речника,
- и осталу стручну литературу .



Чланство

Српско друштво за путеве "VIA-VITA" има колективне и индивидуалне чланове. Све информације о учлањењу на: clanstvo@via-vita.org.rs

Интернет презентација

Доноси најновије научне и стручне вести из путног, саобраћајног инжењерства и путоградње на адресама: www.via-vita.org.rs и www.via-vita.rs





ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ
ПУТЕВИ СРБИЈЕ

Булевар краља Александра 282
11000 Београд Србија
тел. +381 (0)11 30 40 700
e-mail: office@putevi-srbije.rs
www.putevi-srbije.rs

Уводна реч

Група ентузијаста окупљена око Организационог и Научног одбора покренула је иницијативу организовања *Првог српског конгреса о путевима*. Урадили смо то зато што смо свесни значаја пута и путне инфраструктуре за укупан друштвено-економски развој земље и свесни своје велике одговорности за размену знања и искустава и за унапређење свести о значају путне инфраструктуре.

Посебно желим да нагласим да је ово период у коме је наша мрежа путева додатно озбиљно угрожена. Нема саобраћаја без возила, терминала, али никако га нема без одоварајуће путне мреже. Тешко је и пружати помоћ настрадалима ако путна мрежа не функционише.

Развој сваке државе је кореспондентан развијености њене путне мреже. Најразвијенији у свету имају најразвијенију и најбољу путну мрежу ... и обратно. Развој путне мреже је предуслов и претеча развоја привреде у свим економским системима. Пред нама је велики број озбиљних изазова у вези даљег развоја путне мреже.

Србија и земље у региону нису у до сада довољно водили рачуна о мрежи путева, нису поклањали одговарајућу пажњу планирању, изградњи, рехабилитацији, заштити као ни одржавању путева. Резултат је лоше одржавана и нефункционална мрежа слабо увезана у трансевропску мрежу путева. Нису адекватни наши путеви за транзитна кретања на великим растојањима, немамо одговарајуће дистрибутивне и колекторске мреже ни одговарајуће обилазнице.

Није довољно пажње посвећено контроли приступа, па смо сведоци бројних деоница државних путева са недозвољено великим бројем (не)легалних прикључака. Ово доводи до честе дисфункције мреже путева, па се за поједине деонице не зна да ли се ради о путу или о улици у насељу. Нејасно дефинисане функције пута и недоследно спроведени критеријуми, смањују проточност, ниво услуге и ниво безбедности саобраћаја.

Због дуготрајног неадекватног и недопустиво малог улагања у путеве, стање мреже путева није унапређивано. Овако малим улагањима у изградњу и одржавање путева, у наредном периоду би квалитет путева још више слабио. Слаба изграђеност и низак квалитет путне мреже отежава економски и друштвени развој, а посебно одвраћа озбиљна страна и домаћа улагања у нашу привреду. Наиме, изградњом путева се стимулише индустријски, културни и друштвени развој локалних заједница, односно неизградњом путева одређене области губе перспективу за развој. Инвеститори све чешће као услов за улагање истичу изградњу савремених, квалитетних путева којима би се производња повезала са изворима сировина и тржиштем.

Посебно забрињава што Србија и земље у региону нису искористиле велики потенцијал унапређења путева у смањивању страдања у саобраћају. Мада се у развијеним земљама дуже од две деценије истражују, примењују и унапређују врло једноставне савремене процедуре унапређења безбедности путева и мада смо ове процедуре законом прописали као обавезне, још увек није успостављен процес редовне примене ових процедура.

Конгрес има амбицију да скрене и усмери пажњу свих, а посебно стручне, политичке и најшире јавности на чињеницу да се путеви могу озбиљније унапређивати само нашим упорним радом, стабилном финансирању изградње и одржавања путева, стратешким планирањем и успешним, на науци заснованим, интервенцијама.

Председник Научног одбора
проф. др Милан Вујанић, дис

Introductory Speach

A group of enthusiasts which forms the Organizing and Scientific Committee has launched an initiative to organize the First Serbian Road Congress, being aware of great importance of roads and road infrastructure to the entire social and economic development of the country. In addition, this group of experts bears a great responsibility for exchange of knowledge and experience, as well as for raising awareness about the significance of road infrastructure.

Particularly, I would like to emphasize that in this period, our road network is further seriously compromised. The traffic system is made up of vehicles and terminals, but primarily of efficient road network. In this regard, providing help to the victims is difficult if the road network is not functioning properly.

The development of every country corresponds to the development of its road infrastructure. The most developed countries worldwide have the most advanced and efficient road network and vice versa. The development of the road network is a prerequisite and precursor of economic development in all aspects. A number of serious challenges is upon us regarding the further development of the road network.

Serbia and the countries in the region have not been committed enough to the road network planning, construction, rehabilitation, protection and maintenance. The outcome is poorly maintained and dysfunctional network poorly connected to the Trans-European road network. Our roads are not adequate for transport over large distances, we do not have the proper distribution and sewer networks nor the appropriate bypasses.

Not enough attention was paid to controlling access and therefore, we have numerous sections of state roads with a large number of unauthorized (non) legal connections. This leads to frequent dysfunction of the road network making certain sections not being classified as roads or streets. Motorway features are not clearly defined and criteria are inconsistently implemented, which causes reduced traffic flow, decreased level of service and level of safety.

Due to prolonged inadequate and unacceptable low investment in roads, the condition of the road network is not being improved. Such a small investment in the construction and maintenance of roads, could cause in the future a further road quality deterioration. Insufficiently constructed road network and its low quality obstruct the economic and social development and particularly distracts major foreign and domestic investment in our economy. The construction of roads encourages the industrial, cultural and social development of local communities, while the non-development causes certain areas to lose any perspective for development. Clients increasingly emphasize the construction of modern, high-quality roads as a requirement for investment which would link the production to the sources of raw materials and markets.

Of particular concern is that Serbia and the countries in the region did not take advantage of the potential of improving the roads to reduce traffic casualties. Although in developed countries, for more than two decades, very simple modern procedures for improving road safety are being explored, implemented, and improved and even though these procedures are prescribed by law as mandatory in our country, a process of regular application of these procedures has not been established yet.

The Congress aims at drawing the attention of everyone, particularly the professional, political and general public to the fact that roads can be improved only through our hard work, stable financing of road construction and maintenance, strategic planning and successful, science-based interventions.

Scientific Committee Chair
Prof. Dr Milan Vujanic

Поздравна реч

Трагом будућег развоја и са идејом да се дефинишу смернице за даљи развој путева, задовољство је организовати *Први српски конгрес о путевима* на коме ће учествовати велики број стручњака из земље и иностранства, окупљених око седам јединствених тема, а у циљу размене знања и праксе.

Размена искустава ће свим учесницима дати могућност и стимулисати их да у својим институцијама учине напоре у унапређењу функционисања путног система. Потреба свих стручњака је да се међусобно повежу, да непрекидно размењују искуства и да заједнички постигну још боље развојне резултате.

Путна инфраструктура има изузетно важну улогу у друштвено-економском развоју наше земље и зато је од великог значаја да сви стручњаци, безрезервно, своје искуство и знање учине доступним широј стручној јавности, чему ће допринети и овај Конгрес.

У име организационог одбора, захваљујем се ауторима, осталим учесницима Конгреса и свима који су допринели да се овај Конкгрес организује.

Председник Организационог одбора
Биљана Вуксановић, дипл. инж. грађ.

Welcome Note

Taking the path of future development with the aim of defining the guidelines for the further road infrastructure development, we have a great pleasure to organize the First Serbian Road Congress, which will assemble prominent global and national experts for exploring seven unique topics, knowledge sharing and experience-based perspectives.

Exchange of experience will motivate the participants to contribute to development of their own institutions, thus providing a general improvement of the road system. Interrelation of experts is of the utmost importance, since the continuous experience exchange provides the highest development results.

The road infrastructure plays a crucial role in the socioeconomic development of our country. Therefore, it is essential that all the experts make their knowledge and experience available to the broader scientific community, which is the purpose of this Congress.

On behalf of the Organizing Committee, I would like to thank the authors, other Congress participants and everyone who have contributed to the successful organization of the Congress.

Organizing Committee Chair
Biljana Vuksanovic, BSc in Civ. Eng.

Јубилеј - шездесет година часописа
Пут и саобраћај

Уредништво научно стручног часописа *Пут и саобраћај* има задовољство да обавести и упозна научну и стручну јавност да ове године часопис *Пут и саобраћај* обележава 60 година излажења. Научно стручни часопис *Пут и саобраћај* је покренут 1955. године с циљем да окупи најшири круг стручњака који се баве путним и саобраћајним инжењерством.

Часопис *Пут и саобраћај* ISSN 0478-9733 (варијанта наслова "Journal of Road and Traffic Engineering") се публикује тромесечно и редовно доставља репозиторијуму Народне Библиотеке Србије, Центру за научне информације, Universitaebibliothek Hanover Germany, Staatsbibliothek zu Berlin Germany, Библиотеци Светозар Марковић, Библиографском институту, Библиотеци Матице Српске, Библиотеци Грађевинског, Саобраћајног и Рударско-геолошког факултет Универзитета у Београду, Библиотеци ФТН из Новог Сада, као и библиотекама факултета у Бања Луци, Скопју, Подгорици, Сарајеву и Битоли. Часопис *Пут и саобраћај* добијају такође и предузећа за путеве, институти, пројектантске фирме, факултети, министарства саобраћаја и грађевина, секретаријати, дирекције, као и институције од локалног до републичког нивоа у региону (Србија, БиХ, Р. Српска, Црна Гора, Словенија, Хрватска и Македонија). Часопис је присутан и у *on-line* индексираној бази СЦИндекс-српски национални цитатни индекс, а индексира се у следећим светским базама података: Index Copernicus, Trid, Doaj, док је у процедури индексирања у: Kobson, ProQuest, CrossRef., Index Copernicus, Google Scholar, CrossRef, J-Gate, Scholarly Journals Index. Чланци су доступни и на сајту СДП VIA-VITA www.via-vita.org.rs.

Радови у часопису су рецензирани и садрже оцену научног, стручног и практичног значаја. Часопис *Пут и саобраћај* је у категорији научних часописа М51, односно у категорији водећи национални часопис. Циљ уредништва је да кроз перманентно повећање квалитета, часопис буде место размене нових научних и стручних идеја које ће кроз радове у часопису доспети до шире научне и стручне јавности. Часопис *Пут и саобраћај*, је на корак до преласка у категорију М24-национални часопис међународног значаја. Остварењем овог циља путна и саобраћајна струка би добила први пут прилику да објављује радове у часопису који је на SCI листи и има IF. За квалитет и континуитет излажења часописа *Пут и саобраћај* заслуге имају главни и одговорни уредници, уредништво часописа, као и сви стручњаци који објављују радове у часопису.

Главни и одговорни уредник
др Драженко Главић, дипл.инж.саоб.

Više od 60 godina iskustva

Institut za puteve

Velike ideje se ostvaruju
kroz izuzetne projekte.
Mi znamo kako da ih ostvarimo.



Highway Institute

Great ideas come true
in outstanding projects.
We know how to make them true.

FEHRL

IRF

EVROCERT

ATS

More than 60 years of experience

Institut za puteve a.d. Beograd
Kumodraška 257, 11000 Beograd
www.highway.rs

ŠIDPROJEKT ДОО

ДРУШТВО ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ИНЖЕЊЕРИНГ

1979 - 2014

35 година
чинијама успеха

Кнеза Милоша 2
22240 Шид
tel: +381 22 712 044
+381 22 712 004
fax: +381 22 716 020
Директор:
tel: +381 22 710 317
e-mail:
office@sidprojekt.rs
www.sidprojekt.rs

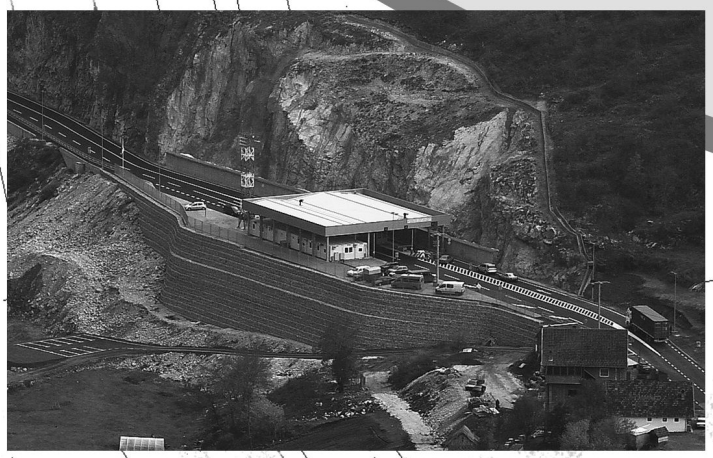
Експозитура Нови Сад:
Булевар Цара Лазара 3
21 000 Нови Сад
tel: +381 21 472 3716
Експозитура Рума:
Вељка Дугошевића 136
22400 Рума
tel: +381 22 432 902

EN ISO 9001 : 2008
EN ISO 14001 : 2004
BS OHSAS 18001 : 2007
Сертификован од: TÜV NORD

- **ПРОЈЕКТОВАЊЕ**
- **ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ**
- **ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД**
- **СТРУЧНИ НАДЗОР**
- **ИЗДАВАЊЕ ЕНЕРГЕТСКИХ ПАСОША**
- **ИЗРАДА СТУДИЈА**
- **ИНЖЕЊЕРИНГ**
- **КОНСАЛТИНГ**



ИЗГРАДЊА ПИЈАЦЕ-ВЕЛЕТРЖНИЦЕ, БЕОГРАД



ГРАНИЧНИ ПРЕЛАЗ МЕХОВ КРШ



ПОСЛОВНИ КОМПЛЕКС У КРАСНОДАРУ, РУСИЈА



РЕКОНСТРУКЦИЈА ТОЛСТОЈЕВЕ УЛИЦЕ У Н.САДУ



УПРАВНА ЗГРАДА РЦТ У ШАПЦУ

Студије и пројектовање

Studies and Design

1

SOIL TREATMENT WITH LIME FOR CLAY-CONTAINING SOILS: AN ECONOMICAL SOLUTION FOR SUBGRADE, CAPPING LAYER & SUBBASE

Mr. Christophe Denayer, M.Sc, MBA
Carmeuse Central Europe
Boulevard de Lauzelle 65
B-1348 Louvain-la-Neuve
Belgium
e-mail: christophe.denayer@carmeuse.com

Mr. Gabriele Tebaldi, Ph.D., P.E.
University of Parma
Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture
Road & Transport Section
Parco Area delle Scienze, 181/A
43100 Parma
Italy
e-mail : gtebaldi@unipr.it

Mr. Saša Božić, M.Sc, ME
Fabrika kreča Carmeuse Integral a.d
Kneza Miloša 87
74000 Doboj
Bosnia and Herzegovina
e-mail: sasa.bozic@carmeuse.ba

Mr. Radoje Jović, M.Sc, ME
Jelen Do a.d.
Jelen Do bb
31215 Jelen Do
Srbija
e-mail: jovic.radoje@carmeuse.rs

Abstract: *Clayey soils have a poor rating as subgrade for road construction due to the tendency to swell by absorbing water and to shrink by drying out. However, when lime is mixed into the clayey soil, the soil is not only dried out, but also modified by flocculation. At this stage, the plasticity index of the soil is highly reduced, and the soil becomes friable and granular, making it easier to work and compact. Gradual hardening of the mixture, thanks to bonds formed by pozzolanic reactions between clay and lime will increase the bearing capacity. Compacted clayey soils result in flexible, permanent structural layers for subgrade, capping layers and subbase. Soil treatment with lime is a proven method to build durable basement materials on the base of fine clayey soils, for all type of roads, highways, railways, airports, …*

Keywords: *soil treatment, soil recycling in-situ, lime, fine soils, earthworks.*

1. INTRODUCTION

Soil treatment with lime is a technique where fine soils are mixed in-situ, in order to obtain flexible, permanent structural layers like subgrade, sub bases, bases and capping layers for all types of roads, highways and railways construction. Ideal solution also for un-paved country roads and temporary service roads.

Lime addition into fine soils creates different effects. The first effect, soil drying, is a rapid decrease in soil moisture content due to the chemical reaction between water and quicklime (calcium oxide) into a moist soil by the formation of calcium hydroxide. The second effect, soil modification, include the reduction in soil plasticity, increase in optimum moisture content, decrease in maximum dry density, improved compactability, reduction of the soil's capacity to swell and shrink, and improved strength and stability after compaction. These effects generally take place within 1 to 48 hours. The third and last effect, soil stabilization, is due to the clay flocculation made by the physical-chemical reaction among clay components and calcium - induced by the pH increase – changing soil particles size and making a heterogeneous size distribution.

This methodology, in case of cut (excavation) and fill for earthworks, is recognized as the best state of the art in resource efficiency, as transport and landfilling of large amounts of soils can be avoided, and the need of new aggregates for embankment materials is reduced, resulting in important cost savings.

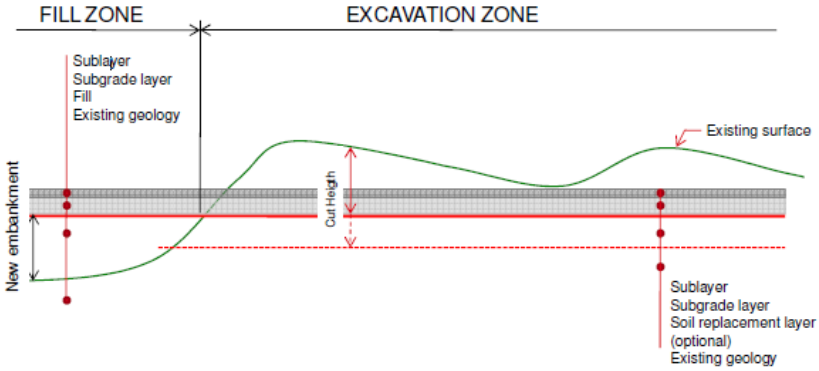


Figure 1. *Cut & fill methodology - length profile of existing surface - platform design*

The quantity of lime addition - expressed as a percentage of dry soil – is determined in laboratory after soil analysis, and is in function of the required performances. Soil treatment with lime produces long-term strength and as well as a permanent reduction in shrinking, swelling, and soil plasticity, resulting in durable, flexible basement materials.

2. ASSESSMENT OF IN-SITU SOIL: SUITABILITY FOR LIME STABILIZATION

2.1. Soil classification based on particle distribution and Atterberg limits

We propose to use the American classification, as Europe doesn't dispose a unified soil classification standard, and most countries have developed there own. AASHTO M 145 or ASTM D3282 classifies soils in different classes, based on particle size distribution, and Atterberg limits. Not all types of fine soils are suitable for soil stabilization.

Table 1. *Soil classification (in grey suitable soils for quick lime treatment)*

	COARSE-GRAINED SOILS passing sieve 0,075 mm ≤ 35%							**FINE-GRAINED SOILS** passing sieve 0,075 mm > 35%			
Class	A1		A2				A3	A4	A5	A6	A7
Subclass	A1-a	A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7					
	Particle Size Distribution Soil (passing on sieve in %)										
< 2,00 mm	≤ 50										
< 0,425 mm	≤ 30	≤ 50					> 50				
< 0,075 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 10	> 35	> 35	> 35	> 35
	Liquid limit (LL) & Plasticity Index (PI)										
LL			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40		≤ 40	> 40	≤ 40	> 40
PI	≤ 6		≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	NP	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10
	Constituents & bearing capacity										
Constituents	Stone/gravel+sand		Silty or clayey gravel+sand				Sand	Silty soils		Clayey soils	
Subgrade	"Excellent to good" subgrade rating							"Fair to poor" subgrade rating			

Source: AASHTO M 145

Soil stabilization with lime is suitable in very cohesive soils with a “fair to poor” subgrade rating like soils of class A2-6, A2-7, A6 and A7 (see grey in Table 1). In addition, class A5 is suitable, having a plasticity index above 8%.

2.2. Limited quantity of organic materials

Different test-methods can be used to determine the organic content of in situ soils. The method prescribed in AFNOR NF 94-055 - used in Italy & France - evaluating organic substances by oxidation using potassium dichromate. Soil treatment with lime is suitable as results are below 2% of organic content. The limit of 2% can be exceeded - in any case never more than up to 4% - as long as the requirements of resistance are satisfied.

Fine soils with an higher content in organic materials, exceeding the above mentioned limits, will require a specific soil analysis, in order to neutralize the lime-absorption effect that organics may have.

2.3. Limited content of sulphur salts

This is recommended for areas where sulphate contamination in soils is known. Lime addition is still feasible, however only in case of limited content of sulphur salts (sulphates and sulphides).

The total content of sulphur salts, can be evaluated according UNI 8520 part 11. Results must be lower than 0,25%. Some soils with a content of sulphates between 0,25% and 1% can be accepted only after a detailed soil study in laboratory. The soils with sulphate content higher than 1% should be replaced by soils with lower sulphur salts or local suitable quarry materials.

High sulphate concentrations can cause deleterious reactions, that can lead to loss of stability and heave.

3. IMMEDIATE LIME CONSUMPTION

3.1. Lime-soil interactions

Clay at his natural moisture content forms a colloidal solution.

A colloid is a substance at a fine-grained dispersed state between a homogeneous solution and a heterogeneous suspension. This “micro-heterogeneous” state consists in two phases: a microscopic dimensioned substance (diameter between 10^{-9} m to 10^{-6} m) dispersed in a continuous phase.

Table 2. *Homogeneous, colloidal and heterogeneous solutions*

Dimension of particles		
$<10^{-9}$ m	10^{-9} - 10^{-6} m	$> 10^{-6}$ m
Homogeneneous solution	Colloidal solution	Heterogeneous solution

By adding quick lime (calcium oxide) into the soil at natural moisture content, soil will dry out due to the reaction between calcium oxide and water, resulting in calcium hydroxide (hydrated lime). This is an exothermique reaction:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 15{,}5\ kCal$$

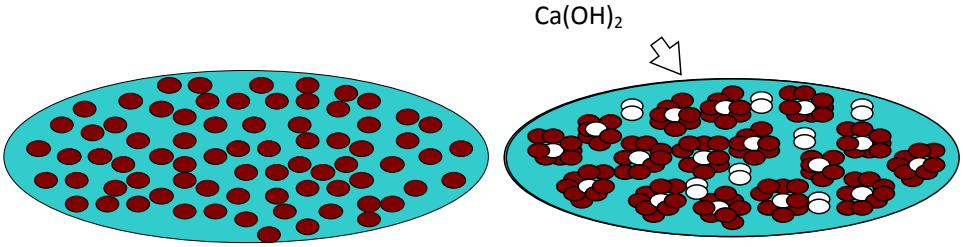


Figure 2. *Colloidal solution of fine clay in aqueous environment (left) and clay-flocculation (right)*

Calcium hydroxide, in the presence of water, will be split into Ca^{2+} and OH^- ions, which are increasing the pH of the solution. In these conditions, Ca^{2+} ions will attract the clay particles creating macro-particles which are very stable. This process is called clay flocculation.
At this stage, the plasticity index is highly reduced and the soil becomes friable and granular, making it easier to work and compact. Due to increased pH of soil-mixture, alumina and silica present in clay-particles are solubilised. After compaction, pozzolanic reactions are starting, between calcium ions, hydroxide ions, soluble silicates and alumina, resulting in gradual hardening, by the creation of calcium silicate hydrate (CSH) and calcium aluminate hydrate (CAH). Those reactions are similar as the hydration process of Portland cement:

$$Ca^{2+} + OH^- + SiO_2 \rightarrow CSH$$
$$Ca^{2+} + OH^- + Al_2O_3 \rightarrow CAH$$

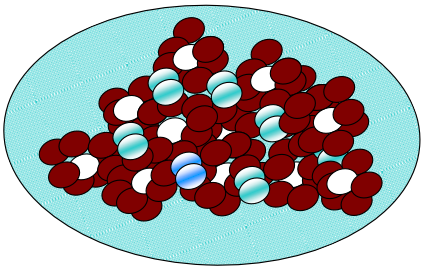


Figure 3. *Pozzolanic reactions - formation of* calcium silicate hydrate and calcium aluminate hydrate

3.2. Quick lime specifications

Building limes for soil treatment are classified according EN 459-1 with CE-marking for the products supplied within the European Union. Only lime of category CL 90 and CL 80 are defined in EN 14227-11: soil treatment with lime.

Table 3: *Chemical requirements for quick lime (mass fraction in percentage)*

Type of quick lime	**CaO + MgO**	**MgO**	**CO2**	**SO3**	**Av. lime (*)**
CL90-Q	≥ 90	≤ 5	≤ 4	≤ 2	≥ 80
CL80-Q	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2	≥ 65

Source: EN 459-1 (2010)

Quicklime is the typical product used, and its particle size distribution (P) can be classified according 3 classes, which are all suitable to be used.

Table 4: *Particle size distribution for quick lime (mass fraction in percentage)*

Sieve size	**P3**	**P2**	**P1**
5 mm	100	100	-
2 mm	≥ 95	≥ 95	100
0,2 mm	-	≥ 70	≥ 95
0,09 mm	≥ 30	≥ 50	≥ 85

Source: EN 459-1 (2010)

Concerning reactivity (R) of the lime according paragraph 6.6 of EN 459-2, quick lime shall attain a temperature of 60 °C within maximum 25 minutes (R4) or earlier within maximum 10 minutes (R5).

Table 5: *Reactivity for quick lime (according 6.6 of EN 459-2)*

Type of quick lime	**R5**	**R4**
CL90 or CL80	t_{60} < 10 min	t_{60} < 25 min

Source: EN 459-1 (2010)

All specifications are controlled by the lime supplier, and within the European Union it is part of the compulsory CE-marking.

3.3. Immediate lime consumption

The test consists in measuring pH of a soil-lime mixture, starting at 2% by mass addition of lime. Lime addition is increased in steps of 0,5%, until a value superior to 12,4 at 25°C is obtained. The minimum lime content, reaching the threshold of 12,4, is defined as the immediate lime consumption.

The procedures are prescribed in ASTM D 6276 – Eades and Grim pH test. The reason for high pH is linked to satisfy immediate lime-soil reactions and still provide significant residual calcium to provide proper conditions for the long-term pozzolanic reactions.

4. LIME OPTIMIZATION

During the soil analysis in the laboratory, additional information on the density of soil in function of the moisture content and in relation to the quantity of lime added has to be measured, to ensure bearing capacity performances on compacted soils in practice.

4.1. Maximum dry density & optimum moisture content.

Manufacture natural soil and soil-mixed specimens in accordance with EN 13286-50 at standard Proctor compaction. Determine first the maximum dry density and optimum moisture content according EN 13286-2 for 5 soil specimens at different moisture content, followed by 5 specimens with lime added to the soil, also at different moisture contents. The quantity of lime added to the soil is 0,5% on top of immediate lime consumption. By extrapolation, the maximum dry density can be visualized in a Proctor-diagram.

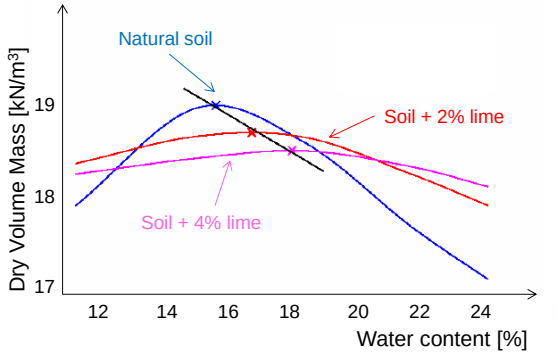


Figure 4. *Proctor diagram - influence of lime on optimum proctor compaction*

4.2. Compressive strength on Proctor specimens

Manufacture natural soil and soil-mixed specimens in accordance with EN 13286-50 at standard Proctor compaction. Determine compressive strength - after a conditioning period of 28 days - that ensures adequate field performance in a cyclic freezing and thawing and an extended soaking environment.

Table 6 gives information about USA-requirements in function of the road application, and table 7 gives classes for designers according European standards on Proctor performances.

Table 6: *AASHTO-DoT (USA) specifications for soil-mixtures with lime in relation to the application (sub base, base) and climate conditions*

Minimum compressive strength in N/mm² for	Extended soaking 8 days	**Number of freeze-thaw cycles (1st winter)**		
		3 cycles	7 cycles	10 cycles
Subbase				
Rigid pavement/floor slab/foundation	0,35	0,35	0,62	0,82
Flexible pavement (>25cm)	0,42	0,42	0,69	0,90
Flexible pavement (20-25cm)	0,48	0,48	0,69	0,97
Flexible pavement (13-20cm)	0,62	0,62	0,90	1,10
Base				
	0,90	0,90	1,17	1,40

Source: National Lime Association (USA)

Table 7: *Compressive strength classes (unconfined compressive strength)*

Compressive strength	**Class**
≥ 0,2 MPa	Rc 0,2
≥ 0,5 MPa	Rc 0,5
≥ 1,0 MPa	Rc 1,0
Other declared value, but not less than 0,2 MPa	Rc DV

Source: EN 14227-11

4.3. Mechanical performance

The California bearing ratio (CBR) is a penetration test for evaluation of the mechanical strength of road subgrades and basecourses. It was developed by the California Department of Transportation.

The test is performed by measuring the pressure required to penetrate a soil sample with a plunger of standard area. The measured pressure is then divided by the pressure required to achieve an equal penetration on a standard crushed rock material. The CBR test is described in EN 13286-47.

The harder the surface, the higher the CBR value. A CBR of 5 equates to moist clay, while moist sand may have a CBR of 10. High quality crushed rock has a CBR over 80. The standard material for this test is crushed Californian limestone which has a value of 100. It is not excluded to achieve CBR-values higher than 100, on samples of fine clayey soils, treated with lime.

It is acknowledged as a good practice, to measure CBR after 11 days, this means after 7 days (air-conditioning), followed by 4 days soaking. During the first 7 days, specimens shall be prevented from drying out and temperature shall be maintained at (20 ±2) °C. The reason for this is related to pozzolanic reactions between soil and lime that should be completed. After that period, the test specimens shall undergo soaking for 4 days at a temperature of (20 ±2) °C.

Table 8: *Californian Bearing Ratio according pr EN 14227-11*

CBR after 4days soaking (or longer)	Class
≥ 15	CBR 15
≥ 20	CBR 20
≥ 30	CBR 30
≥ 40	CBR 40
≥ 50	CBR 50
Declared value, but not less than 15	CBR DV

Source: EN 14227-11

4.4. Volumetric swelling after 4 days soaking

Volumetric swelling, determined on immersed CBR specimens in accordance with EN 13286-47 - using water that is continuously aerated - is recommended to be below 1%. This information gives us an idea on how the quantity of lime in the mix-design is sufficient to stabilize the clay-particles. In some situations, max. 2% can be allowed, and even higher. However, a complementary study should be made according to experience at the place of use.



Figure 5. *CBR-specimens, fully immersed in water to measure volumetric swelling*

5. EXECUTION

The construction steps involved in soil treatment for road in place mixing are similar for stabilization and modification. Generally, stabilization requires more lime and job control than modification. Basic steps include

- preparation of soil,
- spreading of lime,
- eventually adding water and mixing,

- compacting to maximum (practical) density, and
- curing prior to placing the next layer or wearing course.

5.1. Preparation of the soil

This operation is not always necessary. It may be carried out with a ripper, a harrow or a plough. Part of the aim of ploughing is to remove larger stones or gravel (> 10 cm) present in the soil which might harm the mixing unit. Additionally, it helps to modify the humidity of the soil by ventilating or moistening it.

5.2. Lime spreading

Lime is supplied pneumatically to the spreader, either directly from the silo vehicle or by using buffer silos.

Lime is dispersed using a spreader fitted with a weighing device. This operation should be carried out with a maximum of precision and regularity.
The type of lime dispersed, quick lime or hydrated lime, should be based on multiple considerations, such as contractor experience, equipment availability, and soil moisture.

Quicklime, or calcium oxide, is a more concentrated form of lime than hydrated lime, containing 20 to 24 percent more “available” lime oxide content. Thus, about 3 percent quicklime is equivalent to 4 percent hydrated lime when conditions allow full hydration of the quicklime with enough moisture. Quicklime has also a greater bulk density, requiring smaller storage facilities. The construction season may be extended because the exothermic reaction caused with water and quicklime can heat up the soil. Quicklime is excellent for drying wet soils.

Hydrated lime, or hydrated lime, can be used for drying clay, but it is not as effective as quicklime. Hydrated lime particles are very fine, so that dust can be a problem, rendering this type of application generally unsuitable for populated areas. For populated areas, a coarser milled quicklime or lime slurry (mix of lime & water) can become an option.

5.3. Mixing

If quicklime is used, it is essential that all particles have hydrated and well-mixed into the soil. Additional water may be required during final mixing (prior to compaction) to bring the soil to 3 percent above optimum moisture content of the treated material.

5.4. Compaction

Initial compaction is usually performed as soon as possible after mixing, using a sheepsfoot type roller or a vibratory padfoot roller. After the section is shaped, final compaction can be accomplished using a smooth drum roller or pneumatic roller compactor. The equipment should be appropriate for the depth of the section being constructed.



Figure 6. *Pictures of highway under construction Prnjavor-Doboj in Bosnia-I-Herzogovina (2013)*

In warm weather and when the soil is wet, it is advisable to carry out the compaction 2 to 4 hours after mixing, to give the unslaked lime ample time to bind with water and evaporate. If risk of rain, the compaction of the soil should be done before any water can again penetrate the treated layers.

5.5. Curing & protection

The surface of the subgrade, sub base or base should be kept moist until loaded construction equipment can drive over it without rutting formation. Drying time is about 1 hour to 1 day, depending on outside temperatures and quantity of lime, to achieve enough bearing capacity for temporary access construction haulage roads, or next layer of the basement.

6. CONTROLLING ON SITE

6.1. Quantity of moisture content in soil

It is recommended - before starting the working day - to measure the moisture content of the soil. This gives additional data to the contractor to determine his daily lime consumption.

If moisture is above optimum moisture content, quick lime shall be used. If moisture content is below optimum moisture content, hydrated lime, eventually by adding additional water will be used.

6.2. Quantity of lime dispersed by spreader

It is recommended to execute every day a quality control on the quantity of lime dispersed by the spreader. This quantity of lime can easily be measured by a weigh-balance & using a metal plate of 0,5 m x 0,5 m, on which the lime falls by passing over by the spreader.



Figure 7. *Picture of quick lime dispersed on metal plate*

6.3. Static plate load test on compacted soil.

To control the quality of executed compaction, a static plate load test is an easy and quick method to have an idea about the bearing capacity of the compacted layer in situ.

The plate load test – plate of approx. 200 cm² - is used to measure the deflection or deformation modulus (in USA: modulus of subgrade reaction) of compacted soil in situ. The vertical load on the plate is applied by steps through a hydraulic jack and a counterweight. The resulting surface deflection or penetration of the plate is read after stabilization at three points spread over 120° from a fixed frame. The average deflection is calculated and this allows the determination of the deflection or deformation modulus.

The requested performances depend on the application (subgrade, sub base, base) and are in function of the compaction of soil-lime mixtures. However, similar values as compacted quarry aggregates can be achieved with lime treatment. An example of procedures concerning the static plate load test can be found in ASTM D 1196.

7. ECONOMICAL SOLUTION

7.1. Time savings

Soil treatment with lime is reducing the construction time considerably compared to the traditional method, named dig & dump. In the traditional method, soil has to be excavated and transported – truck by truck - to a

landfill, as well as truck by truck of new aggregates has to be placed on the embankment, and compacted as well. Those operations are not only expensive (see paragraph 7.2.), they are time consuming.

7.2. Environmental friendly solution

The technique of soil treatment with lime is an environmental friendly solution, because 1 truck movement of lime (= delivery of 30 T of lime), is replacing approximately 100 movements of trucks :

- 50 trucks to remove soil, and ship it to landfill area
- 50 trucks bringing new aggregates to the building site

The taxes for landfilling of excavated soils can be avoided.

Soil treatment is a green solution for public administrations, and as such recognized by the road construction community, as in-situ soils can be recycled and will be transformed into a new building material, by huge saving on the natural resources of countries.

7.3. Important cost savings

The use of soil treatment in road construction is a very economical solution, compared to the traditional method where existing soil is removed and replaced by local quarry aggregates.

In the example below, the following assumptions are made in the benchmarking for cost calculations :

- quarry at a distance of 20 km
- disposal site for landfill at 20 km
- 300 m between excavation & embankment
- landfill taxes at 6 €/T

Table 9: *Comparison traditional method with soil treatment*

Replacement of soils by aggregates		**Soil treatment with lime**	
	€/m³		**€/m³**
Excavation of soil	2,00	Excavation of soil	2,00
Transport soil to landfill	6,00	Transport soil to embankment zone	2,00
Tax for landfilling (1,7 T/m³ x 6€/T)	10,20	Disposal of soil in embankment	0,50
Purchase aggregates (2 T/m³ x 6 €/T)	12,00	Purchase lime (3%x1,7T/m³x120€/T)	6,12
Transport aggregates to site (7 €/T)	14,00	Spreading lime & soil mixing	2,50
Grader & compaction	2,00	Grader & compaction	2,00
Total (traditional)	**46,20**	**Total (lime treatment)**	**15,12**

Source: FEDIEX - Belgian Lime Association

This type of cost calculation is recommended to be made for each individual project or road construction. Savings of more than 60% - compared to traditional method - are usual and common.

8. CONCLUSION

From the soil laboratory point of view, soil treatment with binders creates new opportunities for research and knowledge development on road construction techniques. The methodology is easy and gives quick results.

The development of well performing soil mixing equipment during the last 2 decades, makes it easy today for contractors, to realize embankments of several meters thickness (up to 20 m), as it allows them a quick bearing capacity for their access roads to the building sites.

The use of lime in soil treatment is a proven method. It is used in all type of major infrastructural projects worldwide, as it is :

- cost efficient
- time efficient
- resource efficient
- environmental friendly

References

[1] National Lime Association; *Mixture Design and Testing Procedures* (October 2006), for Lime Stabilized Soil, (on-line) available at : http: // www.lime.org
[2] National Lime Association, *Lime Treated Soils save Money & Time* (2005), (on-line) available at : http: // www.lime.org
[3] Little, D.N., Shafee Yusuf, F.A.M., *Example problem illustrating the application of the National Lime Association Mixture Design and Testing Protocol* (September 2001), (on-line) available at : http: // www.lime.org
[4] Little, D.N., (1995). *Stabilization of pavement subgrades and base courses with lime*, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa 52002, USA
[5] Fediex, section lime, *Soil Treatment using Lime*, (on-line) available at : http: // www.chauxflash.be
[6] Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) - *Guide Technique – Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (*September 2007), Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement, France.
[7] AASHTO M 145 : *Standard Specifications for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*
[8] ASTM D3282 : *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*
[9] AFNOR NF 94-055 : *Détermination de la teneur pondérale en matières organiques d'un sol* - méthode chimique
[10] UNI 8520 Parte 11. *Determinazione del contenuto in Solfati*
[11] EN 459-1, (2010). *Building lime*
[12] EN 459-2, (2010). *Building lime – Test methods*
[13] EN 14227-11 (2006) : *Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 11: Soil treated by lime*
[14] ASTM D6276 - 99a(2006)e1 : *Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization*:
[15] EN 13286-2 (2010): *Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 2: Test method for the determination of the laboratory reference density and water content - Proctor compaction*
[16] EN 13286-41 (2003) : *Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 41: Test method for the determination of the compressive strength of hydraulically bound mixtures*
[17] EN 13286-47 (2012) : *Unbound and hydraulically bound mixtures. Test method for the determination of California bearing ratio, immediate bearing index and linear swelling*
[18] EN 13286-50 (2004) : *Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 50: Methods for making test specimens using proctor equipment or vibrating table compaction*
[19] ASTM D 1196 : *Standard Method of Test for Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements*

-

MAGISTRALNI PUT M18 (E 762) FOČA (BIH) - ŠĆEPAN POLJE (CG) KAO DIO GLAVNE PUTNE MREŽE REGIONA PROJEKTOVANJE I MODERNIZACIJA

Predrag Šarkinović
IPSA Institut,Sarajevo
predrag.sarkinovic@ipsa-institut.com

Elvir Alić
IPSA Institut,Sarajevo
elvir.alic@ipsa-institut.com

Mario Jerčinović
IPSA Institut,Sarajevo
mario.jercinovic@ipsa-institut.com

Magistralni put M18, Foča – Hum (Šćepan Polje) je jedan od rijetkih magistralnih puteva u BIH, čije tehničke karakteristike nisu dovedene do karakteristika shodno nazivu koji nosi i njegovom značaju.
Ovaj put ima izuzetan značaj u mreži puteva BIH, odnosno u entitetu RS, kao i u mreži šireg okruženja. Ističe se značaj ovog puta u povezivanju jugositoka Balkana sa Evropom.
Uviđajući značaj ovoga puta, SEETO (South-East Europe Transport Observatory), odnosno njegov Upravljački komitet je ovaj put uvrstio u Glavnu putnu mrežu regiona tj. Evrope, označavajući ga kao E762.
,
Ključne riječi:magistralni put, Foča – Hum(Šćepan Polje),SEETO,E762

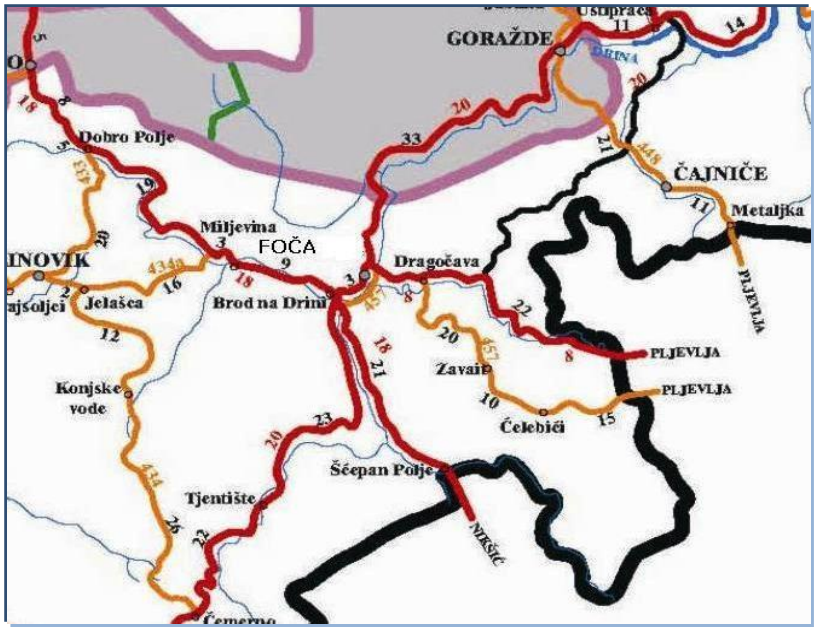
Major road M18, Foca - Hum (Šćepan Polje) is one of the few main roads in Bosnia and Herzegovina, whose technical properties do not comply with those of a major road
This route has great significance in the network of roads BiH, ie in Entity RS, as well as in the surrounding lands. The importance of this road is connection between Southeastern Balkan and Europe
Recognizing the importance of this road, SEETO (South-East Europe Transport Observatory) and its Control Committee included this road in the region main roads, marking it as the E762.

Keywords: Major road, Foča - Hum (Šćepan Polje), SEETO, E762

1.0 UVOD

Značaj magistralnog puta M – 18 (E762) u putnoj mreži Bosne i Hercegovine tačnije entitetu Republika Srpska

Ovaj put ima izuzetan značaj u mreži puteva BIH, odnosno, u entitetu RS, kao i u mreži šireg okruženja.Veliki značaj je takođe i u evropskoj putnoj mreži, jer se nalazi na trasi puteva koji povezuju Baltik sa Jadranskim morem, koridor Vc-autoput koji spaja sjever i jug Bosne i Hercegovine.Naročito veliki značaj ovaj put ima za Albaniju i Crnu Goru, jer je to, praktično, i u budućnosti, njihova najkraća veza sa Centralnom Evropom. Uviđajući značaj ovoga puta, kako je već rečeno u uvodu,SEETO komitet je ovaj put uvrstio u Glavnu putnu mrežu regiona tj. Evrope, dodjeljujući mu već definisani naziv E762.Treba ovdje istaći veliki značaj ovog puta u povezivanju proizvodnih giganata: Fabriku Glinice u Karakaju i Aluminijskog kombinata u Podgorici, čije su proizvodnje kompatibilne. U svakom slučaju, njegovom izgradnjom, doći će do jačeg privrednog i društvenog razvoja u zoni uticaja puta, a i šire.



Slika 1. *Pregledna karta I položaj puta M-18 Brod na Drini-Hum*

2. PROJEKTOVANJE I MODERNIZACIJA MAGISTRALNOG PUTA M18 FOČA(BiH)-ŠĆEPAN POLJE(CG)

2.1 Opis postojećeg stanja

Prilikom projektovanja rekonstrukcije i modernizacije mag. puta M – 18, Foča – Hum(Šćepan Polje),ovaj put je podijeljen na tri dionice.

Dionica 1: Brod na Drini – Donji Kopilovi .
Dionica 2: Donji Kopilovi – Mazočki potok .
Dionica 3: Mazočki potok – Hum (granica Šćepan polje) .
Ukupna dužina za sve tri dionice je cca 19,5 km.

Dionica 1: Brod na Drini – Donji Kopilovi
Na ovom dijelu postoji izgrađen put sa dvije saobraćajne asfaltne trake, širine 6,0 m , bankine 1-1,25 m i betonski rigoli 0,5 m.Sa obje strane zbog brdskog terena izgrađeni su zidovi u znatnoj dužini.Kolovoz je asfaltni, sukcesivno valovit, više puta krpljen, evidentno da je zamoren, odnosno, da je potrebno njegova kompletna rekonstrukcija, tim prije jer je izgrađen 1965 god, od strane VP Beograd.Na nekoliko mjesta primjećuju se vrlo značajna slijeganja trupa puta, što ukazuje na moguću pojavu klizišta, dužine 60 – 100 m. Niveleta je vrlo povoljna u smislu tehničkih elemenata, ali što se tiče horizontalnih tehničkih elemenata

trase, može se konstatovati da nisu dovoljno sinhronizovani: javljaju se dijelovi trase sa vrlo povoljnim tehničkim elementima,dok se na drugim, javljaju i crne tačke-minimalni radijus u jednoj krivini je 75m.Odvodnja kao i vitoperenje kolovoza puta nisu dobro rješeni.

Postojeće raskršće sa regionalnim putem R – 475 u Brodu na Drini je nepravilno riješeno kao ˝ T ˝raskršće, bez potrebnih traka za skretanje vozila i sa više nepravilno izvedenih priključaka na njega.

Na *dionici Donji Kopilovi – Mazočki potok* devedesetih godina započeti su bili radovi na izgradnji novog puta Izgrađena su dva mosta, svi zidovi na dužini od cca 3,0 km i izveden je dio zemljanih radova.

Na dionici *Mazočki potok – Hum (granica Šćepan polje)* postojeći put ima vrlo loše tehničke karakteristike, kako u pogledu horizontalnih, tako isto i vertikalnih elemenata. Širina puta je 3-4 m, sa bankinama do 0,5 m. Mimoilaženje vozila je vrlo otežano, naročito u zimskom periodu. Odvodnja je slabo rješena, sa malim otvorima objekata za evakuaciju vode.

Iz priloženog je vidljivo da za sve tri dionice ementi puta trenutno ne odgovaraju magistralnom putu. Topografski uslovi su vrlo soženi, budući da se radi o izrazito brdsko-planinskom terenu.To najbolje dokazuje podatak o dužini zidova cca. 3000 m.



Slika 2. *Postojeća raskrsnica u Brodu na Drini*



Slika 3. *Postojeće stanje na dionici*



Slika 4. *Postojeće stanje na dionici*

2.2 Pregled do sada urađene projektne dokumentacije

- Za dionicu Brod na Drini – Donji Kopilovi , ne postoji sačuvana projektna dokumentacija. Zna se da je put izgrađen prije rata, u toku priprema za izgradnju hidroelektrane ˝ Buk Bijela ˝,
- Za dionicu Donji Kopilovi – Mazočki potok ,bio je izrađen glavni projekt.
- Za dio Mazočki potok – Hum (granica Šćepan polje) urađen je takođe glavni projekt . Međutim, ovaj projekt se ne bi mogao koristiti, jer je niveleta bila uslovljena datom vrlo visokom kotom akumulacije, hidroelektrane ˝ Buk Bijela ˝, što je prouzrokovalo vrlo visoku cijenu koštanja izgradnje puta.

- Na prijedlog SEETO, izrađen je projekt pod nazivom: ˝ Priprema prve faze studije izvodljivosti: Poboljšanje mag. puta M – 18, Foča – Hum – Plužine˝

2.3.Saobraćajno rješenje modernizacije magistralnog puta M-18 Foča-Hum (Šćepan Polje)

Prilikom projektovanja nastojano je sa jedne strane pronaći tehnički najadekvatnije rješenje a sa druge strane da ima svoju finansijsku opravdanost.Koncept saobraćajnog rješenja prilikom projektovanja se zasnivao na sljedećem:

- Zadržati što je moguće više trasu postojećeg mag. puta, uz zadovoljavanje tehničkih uslova iz propisa iz Projektnog zadatka.
- Omogućiti nesmetan prilaz naseljima i kućama, uz osiguranje preglednosti i odgovarajuće sigurnosti na cesti.
- Zadržati postojeći kolovoz gdje je isti u zadovoljavajućem stanju.
- Ne ulaziti u velike eksproprijacione probleme, koji su naročito izraženi na početku dionice.
- Predvidjeti mjere za zaštitu okoline (buka, otpadne vode, divljač i sl.).
- Omogućiti pravilno odvodnjavanje, kako površinsko, tako zatvoreno (unutrašnje –kanalizacija).

Projektnim zadatkom je traženo da se zadovolje sljedeći uslovi:

Značaj puta u putnoj mreži BiH: Međunarodni
Naziva puta: Magistralni put M – 18 / E 762 /
Teren: brdovito-planinski
Projektna brzina / Računska brzina /, $V_p = V_r =$ 70 km /h
Poluprečnik horiz. krivine, R_{min} = 180 / 150 km / h
Uzdužni nagib, S_{max} = 7 %
Konveksni poluprečnik, R_{min} = 2.500 m
Konkavni poluprečnik, R_{min} = 1.700 m
Poprečni nagib kolovoza, q = 2,5 %, u pravcu
Saobraćajne (prometne) trake, 2x3,25 = 6,5 m
Ivične trake, uz saobraćajne trake, 2x0,3 =0,60 m
Bankine, 2x1,5 m = 3,0 m
Berme: min. 1,0 m
Širina rigola , 0,75 (0,5) m

Početak dionice je na raskršću sa reg. putem, R – 475, koji ovdje ima karakter ulice jer prolazi kroz naseljeno mjesto Brod na Drini. Evidentno je da je postojeće raskršće nepravilno projektovano. Nameće se njegova potpuna rekonstrukcija. Jedino moguće rješenje izgradnja kružne raskrsnice i po konfiguraciji postojeće raskrsnice i po regulacionom planu mjesta Brod na Drini.Međutim, ovo rješenje ima dosta nedostataka i nedorečenosti.

Glavni nedostaci ovog plana koje treba riješiti prije donošenja konačne odluke su:

- Vrijeme da se isti realizuje, odnosno kad će se srušiti postojeći objekti.
- Vrijeme izgradnje novih predviđenih objekata.
- Nerješena izgradnja BUS stajališta.
- Neadekvatno rješenje površinskih voda, odnosno.
- Nerješeno kretanje pješaka, odnosno školske djece.

Osnovne karakteristike kružne raskrsnice :
Vanjski prečnik ˝rondoa˝ je R = 14,4 m
Vozna traka 8,4 m
Dodatna traka - proširenje za prolaz tegljača 2,0 m
Kolovoz je potpuna novogradnja
Data je minim. dužina trotoara za kretanje pješaka, odnosno, školske djece
Data je ograda da se spreči pretrčavanje školske djece preko M - 18

U daljem toku trasa prati postojeći magistralni put, sve do naselja Donji Kopilovi. Trasa je relativno dosta opružena,ali i odstupa na pojedinim mjestima od postojećeg puta i ima sljedeće karakteristike:

Dionica ˝ Brod na Drini – Donji Kopilovi ˝
Osovinske karakteristike

- Dužina trase: 5.559,00 m
- Minim. radius horiz. krivine: R = 180 sa prelaznicama $L_{1,2}$ = 50 m, primjenjen tri puta
- Ispruženost trase: 5559,00 / 5112,77 = 1,087

Tehnički elementi nivelete su slijedeći:

- Max. nagib nivelete: 4,2 % / 169,31 m
- Minim. nagib nivelete: 0,5 % / 861,00 m
- Minim. radius vertikalne krivine, konkavne: $R_{kon.}$ = 5000 m
- Minim. radius vertikalne krivine, konveksna: R_{konv} = 2700 m

Dionica ˝ Donji Kopilovi – Mazočki potok ˝
Osovinske karakteristike

- Dužina trase: 6.076,35 m
- Minim. radius horiz. krivine: R = 160 sa prelaznicama $L_{1,2}$ = 45 m
- Ispruženost trase: 6.076,35 / 5743,83 = 1,06

Tehnički elementi nivelete su slijedeći:

- Max. nagib nivelete: 6,16 % / 1853 m
- Minim. nagib nivelete: 0,5 % / 232,00 m
- Minim. radius vertikalne krivine, konkavne: $R_{konk.}$ = 3500m
- Minim. radius vertikalne krivine, konveksna: R_{konv} = 4000 m

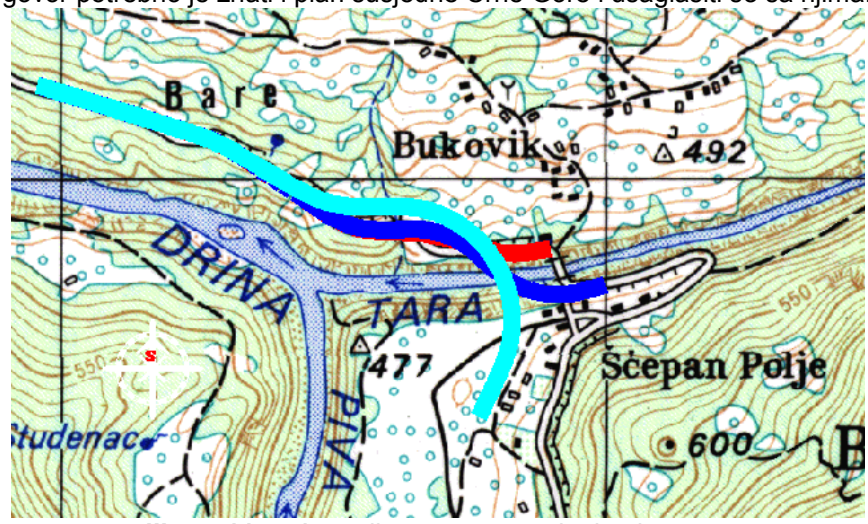
Dionica ˝ Mazočki potok – Hum ˝

- Dužina trase: 7.872,824 m
- Minim. radius horiz. krivine: R = 150 sa prelaznicama $L_{1,2}$ = 45 m, primjenjen pet puta
- Ispruženost trase: 7872,824 / 7082,87 = 1,11

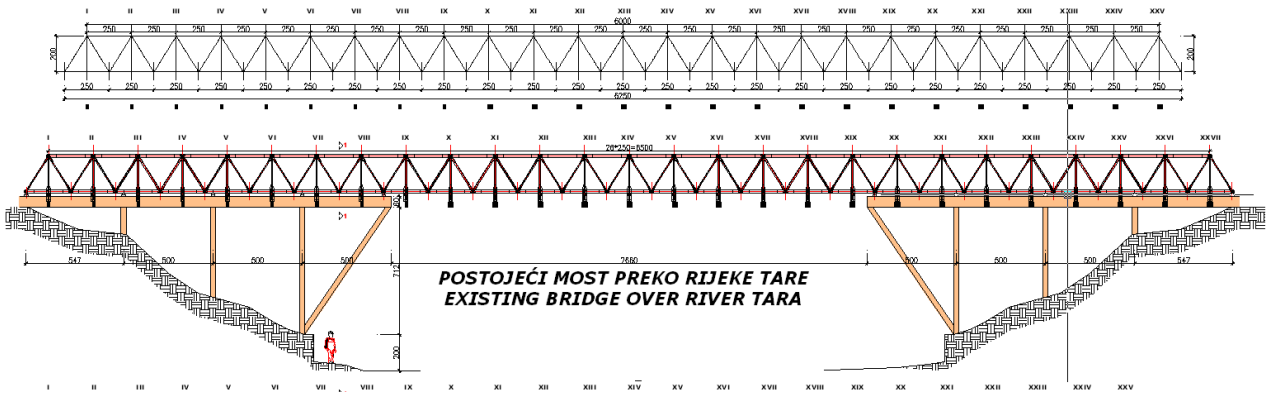
Tehnički elementi nivelete su slijedeći::

- Max. nagib nivelete: 5,99% / 628,5 m
- Minim. nagib nivelete: 0,5 % / 724,00 m
- Minim. radius vertikalne krivine, konkavne: $R_{konk.}$ = 2000m
- Minim. radius vertikalne krivine, konveksna: R_{konv} = 2500 m

Posebno interesantan na ovoj dionici je most preko rijeke Tare.Most koji spaja Bosnu i Hercegovinu i Crnu Goru trenutno je montažna vojna konstrukcija koja je statički dovoljna ali saobraćajno jako loše rješenje jer je prijelaz preko njega nazmjeničan.Plan je da se prilikom modernizacije izgradi novi most dužine cca.160m ali za konačan dogovor potrebno je znati i plan susjedne Crne Gore i usaglasiti se sa njima.



Slika 5. *Moguće varijantemosta preko kanjona Tare*



Slika 5. *Postojeći most na rijeci Tari*

2.4.Mjere za zaštitu životne sredine

Prilikom projektovanja magistralnog puta posvećena je naročita pažnja zaštiti životne sredine.Predivan kanjon ,prelijepa prirodna sredina i veliki potencijali za razvoj turizma uslovili su da se ovom problemu posveti naročita pažnja.

Čitavom dužinom trase planiran je zatvoreni sistem odvodnje sa kolektorima i separatorima za čišćenje tekućih materija sa kolovoza.Pored ovoga prilikom projektovanja značajna pažnja je bila posvećena na sljedeće mjere zaštite životne sredine:

- Izgradnja objekata, mostova i propusta na stalnim vodotocima uz potrebne njihove regulacije, odnosno, osiguranja obala.
- Za prolaz većih životinja u području lovišta i na drugim mjesitma slične namjene, postaviće se odgovarajući saobraćajni znaci. Posebna pažnja je poklonjena mostovima, njhovom gabaritu i visini da bi se omogućio nesmetan prolaz divljači.
- Izvršena je potpuna zaštita postojećih infrastrukturnih objekata
- Postojeća saobraćajna mreža je sačuvana u potpunosti
- Pravilnim izborom tehničkih elemenata trase i nivelete, postignut je vrlo visok ˝ nivo usluge˝,
- Zbog povoljne nivelete, znatno je smanjen uticaj od buke.

ZAKLJUČAK

Činjenica je da je ovo zaista jedan od magistralnih puteva koji bi znatno doprinjeo razvoju istočnog dijela Bosne i Hercegovine kao i povezanost tog kraja kao i Crne Gore sa Zapadnom Evropom.Međutim činjenica je da je do sada ovaj kraj bio znatno zapostavljen i da bi trebalo dosta uraditi na njegovom razvoju.Svakako rekonstrukcija ovog puta zbog izuzetno kompleksnih reljefnih karakteristika kao i relativno malog saobraćaja nije jeftina ali je isto činjenica da je ovo međunarodni put,uvršten u mrežu evropskih puteva i da kao takav zaslužuje da bude modernizovan.

ODABIR OPTIMALNOG SISTEMA NAPLATE PUTARINE ZA MREŽU AUTOPUTEVA REPUBLIKE SRPSKE "CASE STUDY"

dr Draženko Glavić, dipl.inž.saob.
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, drazen@via-vita.org.rs

Rezime: Rad prikazuje jedinstven primer studije odabira optimalnog sistema naplate putarine za mrežu autoputeva Republike Srpske. Studija je finansirana od strane EBRD za potrebe JP Putevi Srpske. Studija je detaljno obradila sa više aspekata problem i dala odgovore na nedoumice tipa: da li je optimalan otvoreni ili zatvoreni sistem, da li je tehnologija ENP, smartcard, vinjeta, GNSS ili neko drugo rešenje? Cilj ovog rada je upoznavanje stručne javnosti sa primenom procesa multikruterijalne analize. Primena MCDM analize je ilustrovana kroz realan prikaz izbora optimalnog sistema putarine na realnom primeru mreže autoputeva Republike Srpske.

Ključne reči: MCA, putarina, kriterijumi, težine kriterijuma.

SELECTION OF AN OPTIMUM TOLL COLLECTION SYSTEM FOR THE MOTORWAY NETWORK OF THE REPUBLIC OF SRPSKA - "CASE STUDY"

Draženko Glavić, Ph.D. T.E.
Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, drazen@via-vita.org.rs

Abstract: This paper presents a unique case study of selecting the optimal toll collection system for a network of motorways of the Republic of Srpska. The study was funded by the EBRD for the Public Roads of Republic of Srpska. The study deal with the various aspects of the problem and give answers to dilemmas: is the optimal open or closed system, whether it is technology ETC, smartcard, vignettes, GNSS or some other solution? The aim of this paper is to introduce experts with the application process of multicriteria analysis. Application of MCDM analysis is illustrated through a example of election of the optimal toll system on the real example of the motorway network of the Republic of Srpska.

Keywords: MCA, tolls, criteria, criteria weights.

1. UVOD

Rad prikazuje proces odabira optimalnog sistema naplate putarine u RS na autoputnim pravcima.

- E661 Banja Luka-Gradiška
- M16.1 Banja Luka Doboj
- E73 Doboj Modriča (koridor Vc)

U radu je primenjeno više metoda i analiza kao što su: CBA, saobraćajne analize TA, ekološke analize EIA pa sve do MCA ili MCDM metoda koja je i bila ključna u odabiru sistema naplate putarine. Postupak sprovođenja MCA analize za ovaj specifičan problem vrednovanja je i predmet ovog rada.

2. ISTRAŽIVANJA RELEVANTNE LITERATURE

Pregledom internacionalnih naučnih baza kao što su Web of Science, Google Scholar i Scopus, i druge javno dostupne baze podataka utvrđeno je da ne postoji slična problematika, odnosno ne postoji ni jedan rad koji je se bavio odabirom optimalnog sistema putarine, postoji više radova koji su se bavili najčešće parcijalno ovom tematikom kroz npr. utvrđivanje optimalnog sistema tarifiranja ili politike cena. Pošto rad sa ovom tematikom ne postoji, to ovom radu daje dodatnu težinu u originalnosti tematike, dok je primenjeni metod jedan od standardnih metoda MCA.

2. ANALIZA PROBLEMA

2.1. Opšte karakteristike sistema naplate putarine

Sistemi naplate putarine se mogu podeliti po kriterijumu sledećih 5 osnovnih karakteristika.

- Tehnički način naplate putarine;
- Plaćanje, tarifiranje;
- Organizacija sistema naplate putarine;
- Kontrola vozača;
- Tehnologije.

Osnovnih 5 karakteristika imaju sledeće podele

a) Tehnički način naplate putarine
- Višetračni slobodan protok vozila MLFF, (ili bez barijara).
- Sistem naplate putarine baziran na naplatnoj traci LB-lane based (ili sa barijerama).

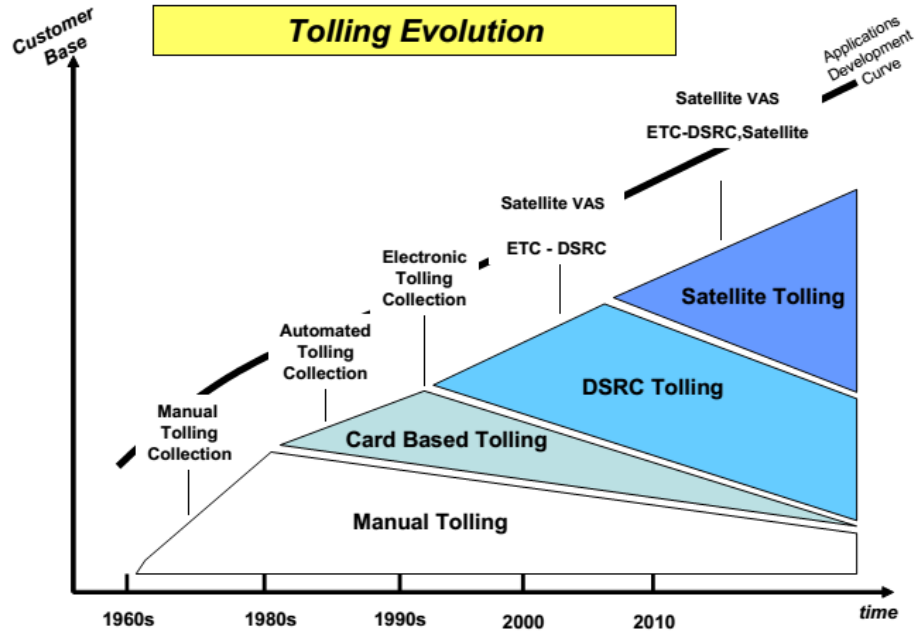
b) Plaćanje (Tarifiranje)
- u funkciji udaljenosti
  - po pređenoj kilometraži
  - po korišćenoj deonici
- u funkciji vremena.

c) Organizacija sistema naplate putarine
- zatvorena sistem putarine , i
- otvoreni sistem putarine.

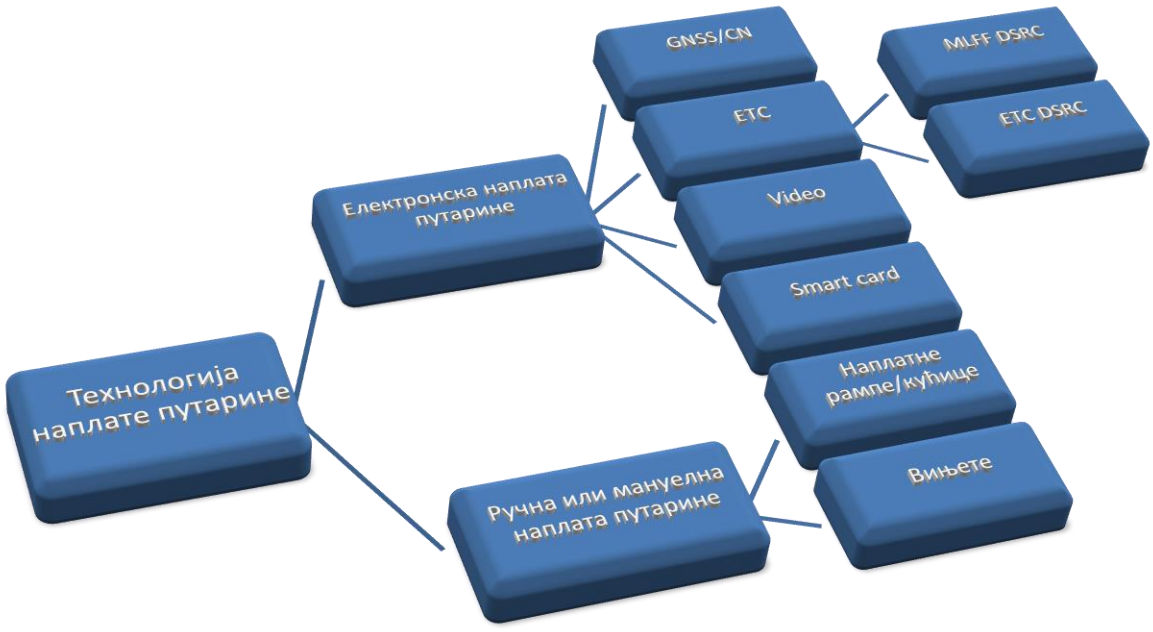
d) Kontrola vozača
- Na bazi rampi-barijera;
- Policijska kontrola;
- Na bazi prepoznavanja broja registarske oznake.

e) Tehnologija naplate putarine

Naplata putarine se kretala kroz istoriju od manuelne naplate pa do raznih oblika elektronske naplate. Razvoj elektronike i elektronske tehnologije je veoma dinamičan poslednjih godina i prouzrokavao je brzu primenu više tehnologija u naplati putarine. Slika 1. prikazuje razvoj sistem naplate putarine po državama Evrope, dok slika 2. prikazuje detaljno sve podele sistema naplate po tehnologijama.



Slika 1: Razvoj sistem naplate putarine po državama Evrope (Izvor: Spea Ingegneria Europea S.p.A.)



Slika 2: Sistemi putarine po primenjenoj tehnologiji *(Izvor: Autor rada)*

2.2. MOGUĆA REŠENJA SISTEMA PUTARINE ZA MREŽU AUTOPUTEVA REPUBLIKE SRPSKE

U analizu optimalnog sistema naplate putarine nisu uzeti svi teorijski mogući sistemi putarine već samo oni koji su primjenjivi u datim uslovima odnosno, neprimenjivi sistemi su izbačeni iz analize. Analizirani su sistemi putarine sa barijerama i bez barijera, kao i tehnologije naplate putarine koje mogu biti: manuelna, vinjete, kombinovani elektronski sistem naplate – ENP.

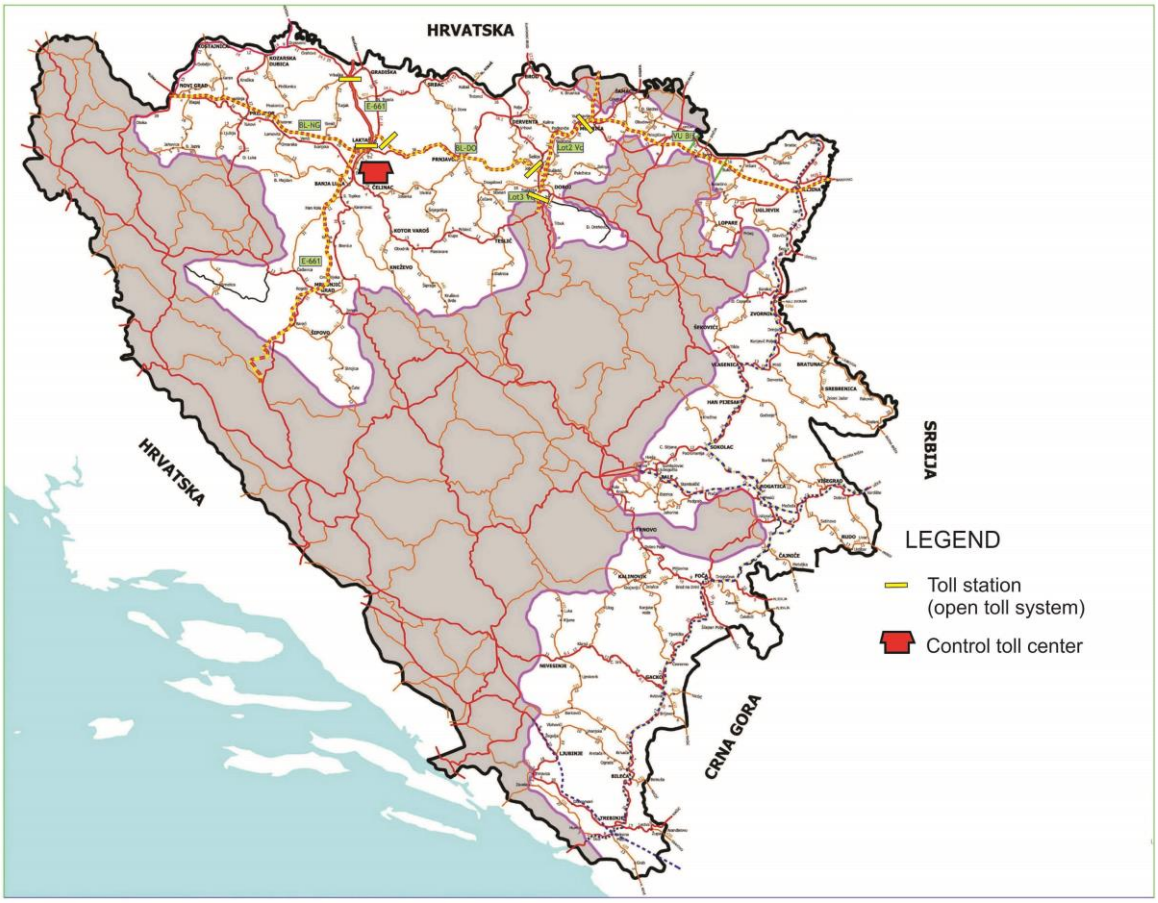
U sledećim podnaslovima daće se opis mogućih rešenja putarine

2.2.1. Otvoreni sistem naplate putarine

Otvoreni sistemi za naplatu putarine mogu biti postavljeni u sledećoj konfiguraciji na autoputnim pravcima:

- Banja Luka Gradiška, (2 naplatne stanice)
- Banja Luka Doboj (2 naplatne stanice) i
- Koridoru Vc (2 naplatne stanice)

Kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Pozicija čeonih naplatnih stanica u otvorenom sistemu za naplatu putarine sa barijerama po autoputnim pravcima

U otvorenom sistemu naplate putarine, korisnici se registruju pri nailasku na tzv. čeonu naplatnu rampu gde se vrši i fiksno plaćanje putarine bez obzira na dužinu korišćenja puta. Sva vozila iste kategorije plaćaju istu cenu bez obzira na korišćene kilometre autoputa.

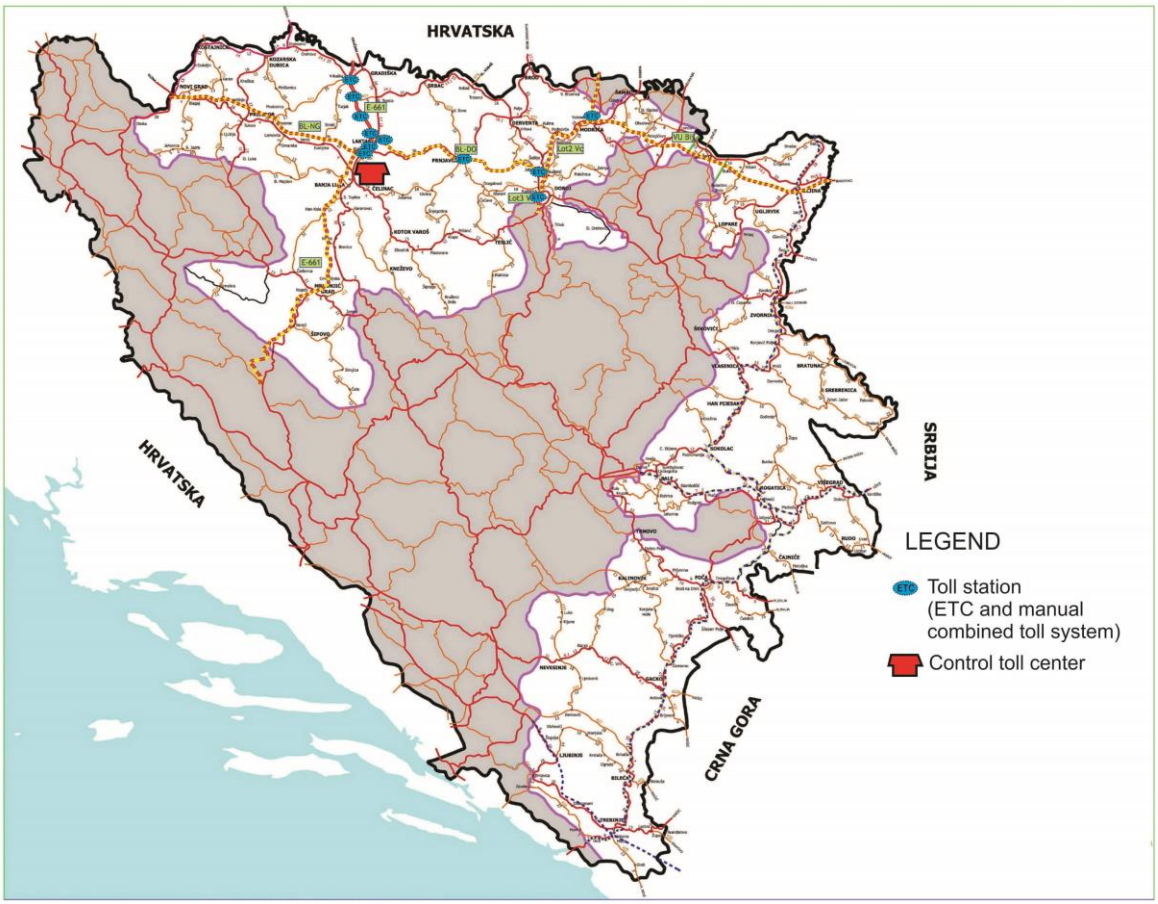
2.2.2. Zatvoreni sistem naplate putarine

Zatvoren sistem za naplatu putarine zasniva se na principu plaćanja korišćenja autoputeva na osnovu pređenog puta i kategorije vozila. U zatvorenom sistemu za naplatu putarine, svi ulazi i izlazi sa autoputa su sa naplatnim kućicama. Vozač pri ulasku na autoput dobija magnetnu karticu sa upisanim kodom naplatne stanice ili se identifikuje sistemu preko TAG-a. Na izlazu sa autoputa očitava se magnetna kartica dobijena na ulazu ili se očitavaju podaci sa TAG-a zavisno o tehnologiji koju vozač koristi. Vozač plaća naknadu saglasno kategoriji vozila i pređenom putu.

Zatvoreni sistemi za naplatu putarine mogu biti postavljeni u sledećoj konfiguraciji na autoputnim pravcima:

- Banja Luka Gradiška, (2 čeone naplatne stanice i 4 bočne naplatne stanice)
- Banja Luka Doboj (3 bočne naplatne stanice) i
- Koridoru Vc (2 bočne naplatne stanica)

Kao što je prikazano na slici 4 koja prikazuje poziciju i naplatnih rampi u zatvorenom sistemu sa naplatnim rampama za kombinovanu tehnologiju ETC i ručnu naplatu putarine.



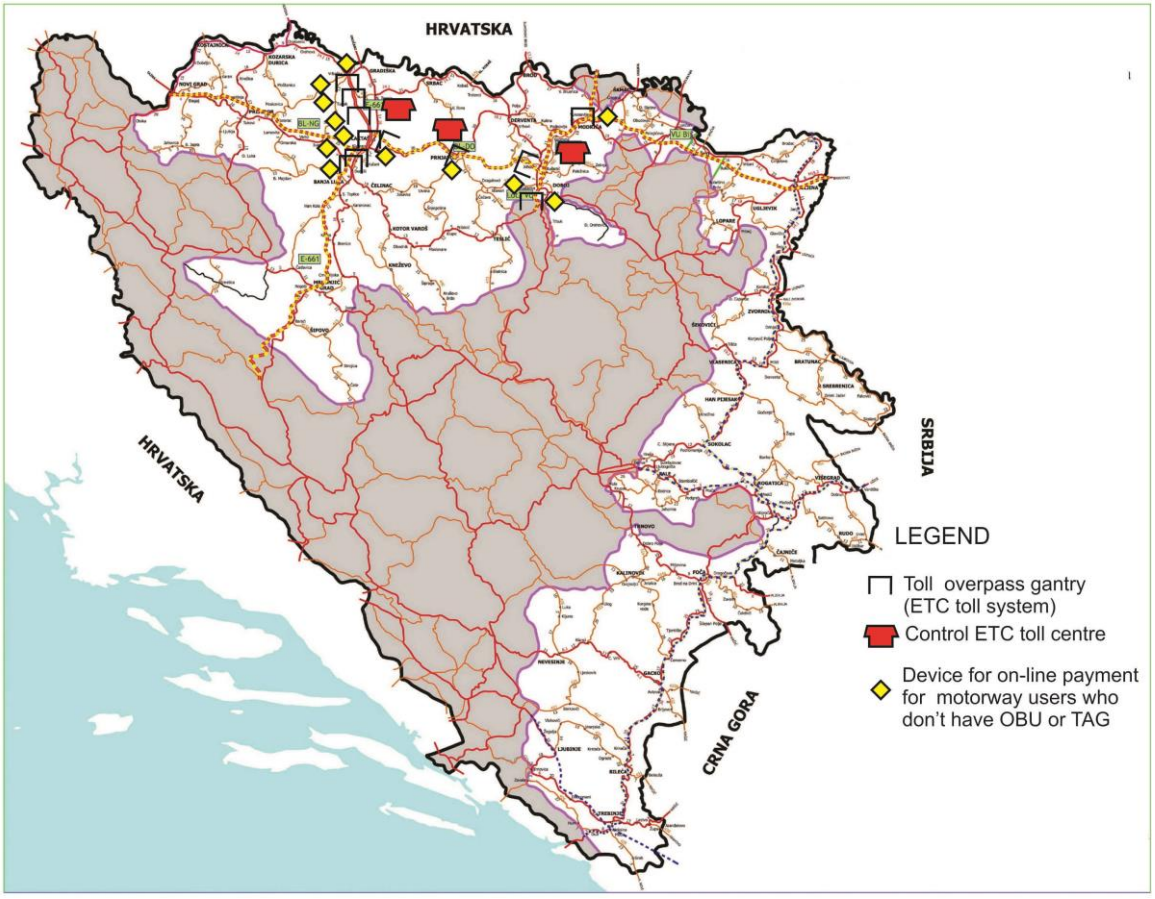
Slika 4. Pozicija naplatnih stanica u zatvorenom kombinovanom ETC i manuelnom sistemu za naplatu putarine sa barijerama po putnim pravcima

2.2.3. Kombinovani brzi MLFF ETC sistem sa naplatnim portalima na nadvožnjacima

MLFF ETC sistem sa naplatnim portalima na nadvožnjacima (isto kao i video sistem) zasniva se na principu plaćanja korišćenja autoputeva na osnovu pređenog puta i kategorije vozila. U zatvorenom sistemu za naplatu putarine, sve deonice na autoputu (između 2 petlje) su pokrivene sa naplatnim portalima na nadvožnjacima. Na prolasku ispod svakog portala očitavaju se podaci sa TAG-a ili se video detekcijom očitava registarska tablica zavisno o tehnologiji koju vozač koristi. Vozač plaća naknadu saglasno kategoriji vozila i pređenom putu bez zaustavljanja i bez promene brzine trenutno preko TAG-a ili naknadno računom koji se dostavlja na kućnu adresu.

MLFF ETC sistem naplate putarine sa naplatnim portalima mogu biti postavljeni na sledeći način (Slika 5) na putnim pravcima:

- Banja Luka Gradiška, (6 portala)
- Banja Luka Doboj (3 portala) i
- Koridoru Vc (2 portala)



Slika 5. Pozicija naplatnih stanica u MLFF ETC sistemu za naplatu putarine preko portalnih uređaja iznad autoputa po putnim pravcima

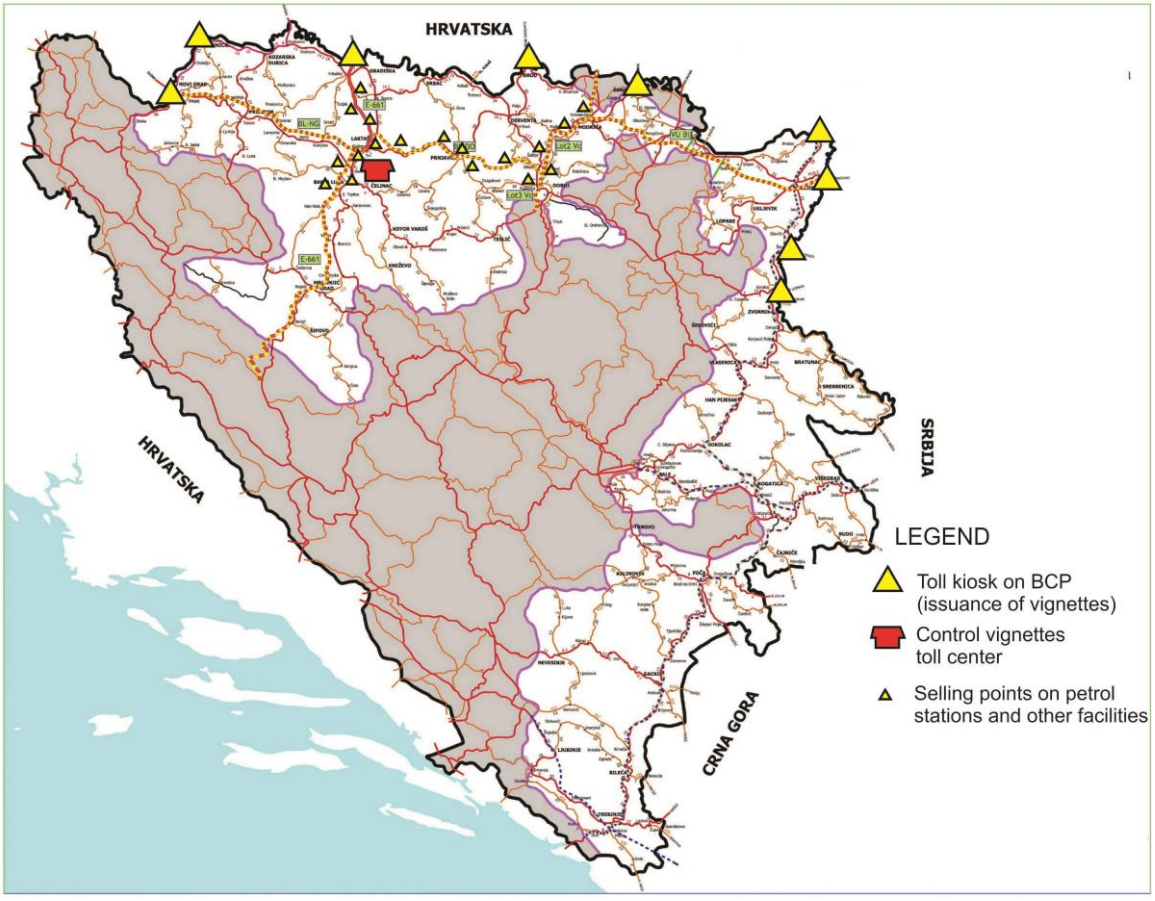
2.2.4. Vinjete sistem

Vinjeta je nalepnica čijom se kupovinom plaća putarina u određenom vremenskom periodu. Postoje vinjete kojima se naplaćuje višednevna, sedmična, mesečna ili godišnja putarina. Obaveza lepljenja je na prednje automobilsko staklo. Kod tzv. elektronskih vinjeta se ne lepi nalepnica nego se u sistem unosi broj registracije vozila za dana kad je plaćena vinjeta. Uvidom u bazu podatak se vrši kontrola učesnika, klasičnim zaustavljanjem i kažnjavanjem na licu mesta.

Primena sistema vinjeta u RS bi sastojala iz:

- Podsistem prodajnih mesta za vinjete (uobičajeno na graničnim prelazima, dok se u dalju prodaju mogu dati i benzinskim stanicama AMSRS i drugima).
- Podsistem kontrolnih mobilnih jedinica za proveru ispravnosti upotrebe vinjete od strane korisnika autoputa
- Centralni podsistem za računovodstvene poslove, obradu podataka, i upravljanje sistemom

Podsistem prodajnih mesta za vinjete bi podrazumevao da na graničnim prelazima postoje posebne kućice u kojima bi se vinjete prodavale. Ukupan broj graničnih prelaza u BiH je 41.

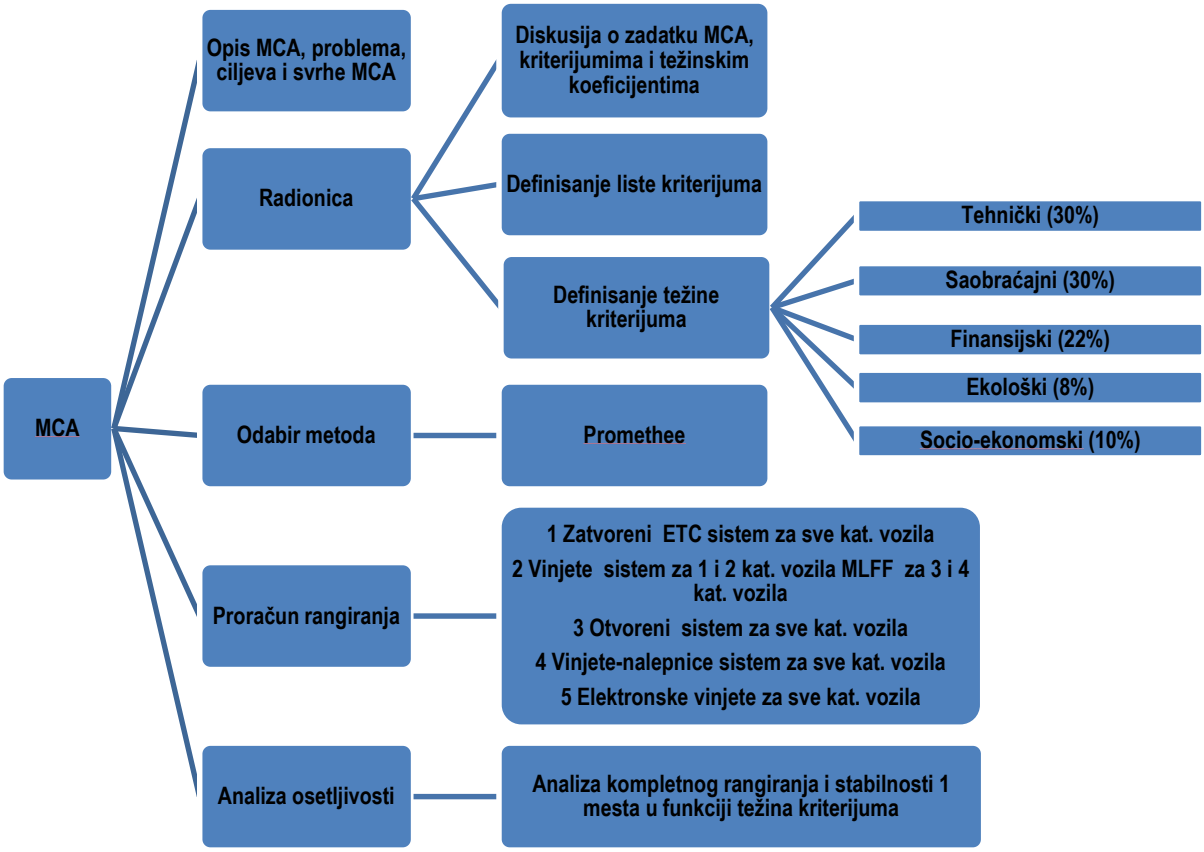


Slika 6. Pozicija prodajnih mesta za vinjete na graničnim prelazima i u ostalim komercijalnim objektima: benzinske stanice, kiosci, i sl.

2.3. Multikriterijumska analiza

MCA se odnosi na proces donošenja odluka (najčešće za izbor, evaluaciju ili prioritizacije) između više alternativa - u ovom konkretnom slučaju – odabira optimalnog sistema naplate putarine. MCA za određeni broj alternativa definiše kriterijume i težine kriterijuma, te nakon bodovanja i utvrđivanja vrednosti kriterijuma po alternativama stvaraju se uslovi za primenu neke poznate metode MCA. Odabirom metoda i primenom dolazi se do konačne liste ranga projekata kao i do međusobnog poređenja pojedinih alternativnih rešenja.

Lista kriterijuma, podkriterijum i težina kriterijuma što je ključna stvar pri odabiru optimalne varijante je određena na više radionica održanih u Banja Luci sa učešćem svih relevantnih zainteresovanih strana kao što su JP Autoputevi RS, JP PRS, raznih ministarstava (saobraćaja, građevine, ekonomije, urbanizma i dr), AMSRS, lokalnih samouprava na trasi autoputeva, urbanističkih zavoda, stručnjaka iz projektantskih kompanija, stanovnika područja u zoni uticaja autoputa kao i samih korisnika autoputa. Sledeća slika pokazuje algoritam sprovođenja MCDM-a.



Slika 7. *Algoritam sprovođenja multi kriterijske analize MCA*
Izvor: autor

U daljem delu rad ukratko će biti prikazan odabir i primena metoda, rezultati i test osetljivosti.

2.3.1. Odabir i primena metoda

Iako uvek postoji velik diskusija koji metod odabrati, iskusni stručnjaci znaju da izbor metod ne donosi tačnost već ispravno sproveden procedura MCDM. Svi metodi treba da daju iste ili približno iste rezultate, odnosno razlike bi trebale biti u tzv. nijansama. Metod koji je upotrebljen u ovoj studiji je PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations) je razvio profesor Bertrand Mareschal.

Postoje dva PROMETHEE rangiranja . Oba se zasnivaju na računu vrednosti preferentnih tokova .

- PROMETHEE I Delomični rangiranje
- PROMETHEE II Kompletno rangiranje

Tri različita preferentna toka se računaju :

- Phi + (F +) : Pozitivni (ili izlazni) tok
- Phi - (F -) : Negativan (ili ulazni) tok
- Phi (F) : Neto tok

Kao što je već konstatovano nakon serije radionica na kojima je utvrđena lista kriterijuma i podkriterijuma bilo je potrebno pristupiti sledećem koraku u proceduri MCDM, a to je bodovanju alternativa po kriterijumima. Da bi se moglo sprovesti bodovanje trebalo je determinisati sve vrednosti alternativa po pojedinim kriterijumima. Za proceduru bodovanja urađenu su obimne analize koje su se odnosile na ekonomske analize-CBA, saobraćajne analize TA, Ekološke analize EIA. Delovi bodovanja koji se nisu mogli dobiti analitičkim putem dobijeni su anketom eksperata iz posmatrane oblasti. Nakon sproveden procedure bodovanje formirana je bazna matrica u PROMETHEE programu. Izlazni rezultati su bili sledeći:

Tabela 1. Rangiranje sa diskontnim vrednostima finansijskih parametara B/C i neto prihod (disk. stopa 6%):

Rang	*Sistem putarine*	Phi
1	***Zatvoreni sistem za sve kat. vozila***	**0,2482**
2	***Otvoreni sistem za sve kat. vozila***	**0,0439**
3	***Vinjete sistem za 1 i 2 kat. vozila MLFF za 3 i 4 kat. vozila***	**0,0300**
4	***Elektronske vinjete za sve kat. vozila***	**-0,1513**
5	***Vinjete-nalepnice sistem za sve kat. vozila***	**-0,1709**

2.3.2. Analiza osetljivosti

Analiza osetljivosti kompletnog rangiranja i stabilnosti prvog mesta je urađena primenom intervala stabilnosti u funkciji težina kriterijuma, koje su jedino podložne subjektivnim uticajima Rezultati analize osetljivosti su pokazali da je prvo mesto apsolutno stabilno prema većini kriterijuma, stabilnost kompletnog rangiranja je nešto niža. Rezultati analize osetljivosti su dati u narednoj tabeli.

Tabela 2. Rezultati analize osetljivosti

Grupa kriterijuma	Kriterijum	Kompletno rangiranje ostaje nepromenjeno	Prvo mesto ostaje nepromenjeno
1. Tehničko eksploatacioni kriterijumi	Interoperabilnost u okvir BiH	0%-10,5%	0%-100%
	Interoperabilnostu sa regionom	0%-10,4%	0%-100%
	Interoperabilnostu sa EU	0%-19,9%	0%-100%
	Primenjivost	0%-14,1%	0%-61,2%
	Efikasnost	0%-81%	0%-100%
	Pouzdnaost	0%-40,3%	0%-100%
2. Saobraćajni kriterijumi	Nivo Usluge	0%-11,5%	0%-70,2%
	Bezbednost saobraćaja	1%-21,1%	0%-51%
	Broj zaustavljanja	0%-100%	0%-100%
	Povećanje vremena putovanja	0%-13,6%	0%-100%
3. Finasijski kriterijumi	Prosečan trošak za korisnika	0%-12,2%	0%-18,3%
	Odnos Prihodi/Troškovi	4,4%-16,2%	0%-37,5%
	Neto prihod	0%-33,8%	0%-100%
4. Ekološki kriterijumi	Vizualni uticaj	0%-12,4%	0%-45,2%
	Zagađenje vazduha	0%-24,1%	0%-100%
	Buka	0%-18,2%	0%-56,4%
5. Socio-ekonomski kriterijumi	Lokalni kontekst	0%-21,1%	0%-42,4%
	Komfort korisnika	0%-11,7%	0%-78,2%
	Površina zauzetog zemljišta	0%-16,3%	0%-42,1%
	Prihvatanje putarine	0%-16,4%	0%-40,9%

3. ZAKLJUČCI

Iz ovog rada nameću se sledeći zaključci:

1. Pravilno sprovođenje MCA procedure je ključ za dobijanje objektivnog i optimalnog rešenja.
2. Odabir MCA metoda nema veliki uticaj na tačnost rezultata, jer su svi metodi ispravni. Odabir MCA metoda je samo pitanje ličnih preferenci sprovodioca analize.
3. Objektivnost MCA se postiže kroz organizovanje serija radionica gde su pozvane sve zainteresovane strane.
4. Pošto su MCA metode podložne subjektivnom uticaju (lista kriterijuma i težine kriterijuma, kao i bodovanje) često se dešavaju situacije da kad naručilac želi određeno rešenje on kod konsultanta naruči rezultat, a konsultant se skriva iza metoda, uobičajenim frazama to je izbacio AHP ili TOPSIS ili ELECTRA ili PROMETHEE ili EC i sl....Skrivanje iza metoda je često moguće jer ne postoji dovoljna i kritička stručna javnost koja može stručno osporiti rezultate naručenih rangiranja. Često takve naručene studije i analize i ne idu na objektivnu recenziju već se uzimaju zdravo za gotovo.
5. Osoba koja sprovodi MCA je stavljena u funkciju sudije te je neophodno da sasluša sve zainteresovane, često konfliktne strane, pravilno uzme u obzir sve uticaje kroz listu kriterijuma, i objektivno sprovede anketu svih, radi dobijanja realnih težina kriterijuma. Samo na taj način se može dobiti tačan i pouzdan rezultat, pogotovo što se primenom MCA često donose velike odluke, koje prouzrokuju i velika ulaganja i ozbiljne posledice ako se izabere pogrešno rešenje.
6. I na kraju obavezno svaka MCA mora sadržati test osetljivosti sa prikazom intervala stabilnosti za svaki pojedinačni kriterijum, da bi se utvrdila stabilnost rezultata rangiranja.

Literatura

[1] *** (2013) Study on toll collection possibilities and system design for Republic of Srpska Motorways. u: Best Tolling Option Report, IPA 2011 -WBIF-Infrastructure Project Facility-Technical Assistance 3

[2] Glavić, D. (2013). SWOT analiza sistema naplate putarine u Evropi. Put i saobraćaj, 59(4), 21-30.

[3] *** (2000) Report on transport infrastructure charging. European Parliament - Committee on Regional Policy Transport and Tourism, Rapporteur Paolo Costa, (FINAL A5-0345/), 200072030 (INI)

[4] Glavić, D. (2008) Postojeće i nove tehnologije naplate upotrebe putne mreže. Put i saobraćaj, vol. 55, br. 3, str. 18-23

[5] Hamilton, C.J., Eliasson, J. (2013) Costs and benefits of the European directive on road tolling interoperability. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 30: 221-238

[6] Hamilton, C.J., Eliasson, J. (2011) Vertical separation as means to establish interoperability in road tolling in Europe. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 19(6): 1019-1032

[7] Holdener, D.J. (1998) Electronic toll collection information: Is personal privacy protected?. u: Proceedings of the Seventh Annual Meeting, Intelligent Transportation Society of America, 2-5. June 1997, ITS America, Washington, DC: ITS Americas efforts on privacy continue, ITS Legal Issues 1

[8] Jou, R., Chiou, Y., Kuo, C., Tan, H. (2013) Freeway drivers' willingness to pay for an on board unit under an electronic toll collection system. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 27: 16-24

[9] Levinson, D., Chang, E. (2003) A model for optimizing electronic toll collection systems. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 37(4): 293-314

[10] Ogden, K. (2001) Privacy issues in electronic toll collection. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 9(2): 123-134

PREGLED DIMENZIONIRANJA SAVITLJIVIH KOLNIČKIH KONSTRUKCIJA U EUROPSKOJ I NAŠOJ REGULATIVI

Boris Čutura, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Mostaru
boriscutura@gmail.com

prof.dr.sc. Ivan Lovrić
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Mostaru
ivan.lovric4@tel.net.ba

prof.dr.sc. Branko Mazić
Građevinski fakultet
Univerziteta u Sarajevu
mazic@lsinter.net

Rezime: *Dimenzioniranje kolničke konstrukcije ima izrazito veliku važnost u projektiranju prometnica iz jednostavnih razloga što kvaliteta kolničke konstrukcije osigurava trajnost, sigurnost i udobnost vožnje, kao i to što predstavlja značajnu stavku u pogledu troškova izgradnje i održavanja. Postoji veliki broj metoda dimenzioniranja koje su proizišle iz različitih pristupa, teorijskih ili empirijskih, kao i prilagodbi lokalnim uvjetima i strategijama.*
U ovom radu je dat pregled metoda dimenzioniranja savitljivih kolničkih konstrukcija u našoj U.C4.012 metodi i u metodama nekih najrazvijenijih europskih država (Njemačka, Austrija, Švicarska i Velika Britanija). Analizirani su principi dimenzioniranja i rezultati koje daju.
Na kraju su data razmišljanja autora o ovoj problematici kao i prijedlozi primjene nekih europskih principa i iskustava na naše prilike.

Ključne reči: *savitljive kolničke konstrukcije, metode dimenzioniranja, prometno opterećenje, standardno osovinsko opterećenje, projektno razdoblje.*

Abstract: *Pavement design has great importance in the road design from the simple reason that the quality of pavement construction ensures durability, safety and comfort, as well as having a significant item in the cost of construction and maintenance. There are a number of design methods that are arising from different approaches, theoretical or empirical, as well as adapting to local conditions and strategies.*
This paper presents a rewiev of design methos for flexible pavement structures in our method U.C4.012 and in methods of few most developed European countries (Germany, Austria, Switzerland and United Kingdom). We analyzed the principles of design and the results they provide.
At the end of article authors gave opinions about this issue, as well as proposals for the application of some European principles and experience to our opportunities .

Key words: *flexible pavement structures, design method, traffic load, standard axle load, design period.*

1. UVOD

Dimenzioniranje kolničke konstrukcije ima izrazito veliku važnost u projektiranju prometnica iz jednostavnih razloga što kvaliteta kolničke konstrukcije osigurava trajnost, sigurnost i udobnost vožnje, kao i to što predstavlja značajnu stavku u pogledu troškova izgradnje i održavanja. Metode dimenzioniranja se dijele na empirijske i teorijske, gdje su teorijske zastupljenije zbog svoje praktičnosti primjene u praksi, dok teorijske više služe za kontrolu (obično uz pomoć softwarea).
U našim prilikama kolničke konstrukcije se najprije projektiraju empirijskim metodama, a nakon toga se vrši kontrola teorijskim metodama.
Predmet ovog rada su savitljive (asfaltne) kolničke konstrukcije koje su kod nas, a i uvećini europskih zemalja dominantne. Rad daje pregled regulative za projektiranje u najrazvijenijim europskim državama i komparaciju s metodom U.C4.012. Nedostaci metode U.C4.012 dopunjeni su dobrim dijelom u bosansko-hercegovačkim Smjernicama za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima *[15]*.

2. PREGLED METODA DIMENZIONIRANJA SAVITLJIVIH KOLNIKA

U ovom poglavlju su opisane metode savitljivih kolničkih konstrukcija prema U.C4.012 metodi i njemačkim (D), austrijskim (A), švicarskim (CH) i britanskim (UK) standardima.

2.1 U.C4.012

Metoda dimenzioniranja U.C4.012 temelji se na empirijskoj osnovi, a proizišla je iz primjene razultata AASHO Road Testa. Za standardnu osovinu uzima se jednostruka osovina dvostrukih kotača s opterećenjem 82 kN. U postupku određivanja ekvivalentnog prometnog opterećenja za dimenzioniranje asfaltne kolničke konstrukcije provodi se analiza prometnog opterećenja.
Pri analizi prometnog opterećenja uzimaju se u obzir ovi parametri:

- prosječni godišnji dnevni (24-satni) broj teških teretnih vozila u početnoj godini eksploatacije ceste,
- prosječna godišnja stopa rasta broja teških teretnih vozila u projektnom razdoblju dimenzioniranja,
- osovinsko opterećenje reprezentativnih vrsta vozila,
- iskorištenost nosivosti teških teretnih vozila,
- raspodjela prometnog opterećenja po voznim trakovima.

Ukupne debljine asfaltnih slojeva i nosivih slojeva od zrnatog kamenog materijala određuju se na osnovi vrijednosti ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja u projektnom razdoblju T_u koje se dobije iz izraza [3]:

$$T_u = 365 \cdot q \cdot \bar{n} \cdot \sum_{i=1}^{k} F_e \cdot n_i$$

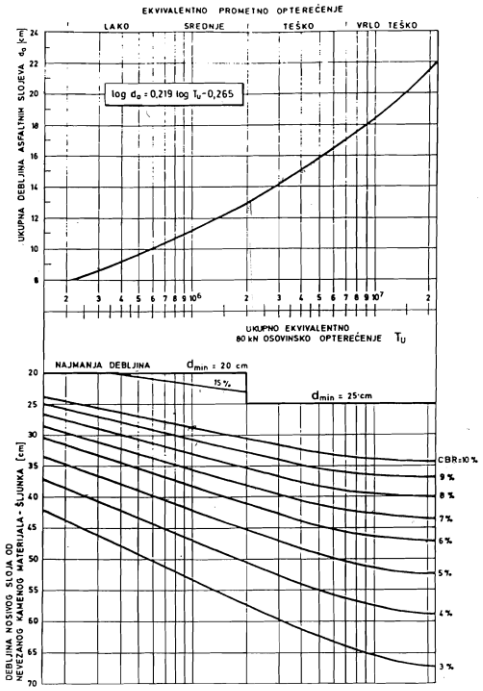
Gdje su:

q - faktor rasta prometa u projektnom razdoblju; $\bar{n}$ - procijenjeni prosječni godišnji dnevni broj svih teških teretnih vozila na najopterećenijem voznom traku u početnoj godini eksploatacije ceste; F_e - ukupni broj standardnih osovina za pojedina reprezentativna teška teretna vozila (8 skupina vozila); n - broj pojedinih vrsta teških vozila u PGDP-u.
Mjerodavni parametri za dimenzioniranje kolničke konstrukcije su [4]:

- projektno razdoblje,
- vozna sposobnost površine kolničkog zastora na kraju projektnog razdoblja,
- prometno opterećenje,
- klimatsko-hidrološki uvjeti,
- nosivost materijala posteljice,
- kvaliteta primijenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji.

Pri razradi ove metode napravljena su određena pojednostavljenja koja se odnose na svojstva primijenjenih materijala i klimatsko-hidrološke uvjete karakteristične za lokalne prilike.
Projektno razdoblje je najčešće 20 godina, a mogu se dimenzionirati i etapno pri čemu projektni period jedne etape ne smije biti manji od 5 godina. **Vozna sposobnost površine kolničkog zastora** procjenjuje se preko indeksa vozne sposobnosti **p**, čija je vrijednost 5.0 za nove i idealno ravne kolnike, 0 za potpuno uništene kolnike po kojima nije moguća vožnja. U ovom standardu usvojena je najmanja vrijednost indeksa vozne sposobnosti površine kolničkog zastora na kraju projektnog razdoblja 2.5. **Utjecaj klimatsko-hidroloških uvjeta** na nosivost kolničke konstrukcije uzima se u obzir primjenom regionalnog faktora **R**. Njegove vrijednosti kreću se u granicama od 0.5 - 5.0, pri čemu su veće vrijednosti nepovoljnije. U ovom standardu uzeta je veličina regionalnog faktora 2.0. **Nosivost materijala posteljice** izražava se pomoću vrijednosti CBR-a. Kod izbora materijala u kolničkoj konstrukciji mora se voditi računa o funkciji pojedinih

slojeva i ekonomičnosti građenja, kao i propisanim kriterijima kvalitete osnovnih materijala i mješavina prema standardima.



Slika 1. *Dijagram za dimenzioniranje kolničkih konstrukcija koje se sastoje od asfaltnih slojeva i nosivih slojeva od nevezanog zrnatog kamenog materijala [4]*

Norme, ovisno o primjeni i kombinaciji vrsta materijala, daju 3 tipa kolničkih konstrukcija. Kolnička konstrukcija tipa 1 sastoji se od asfaltnih slojeva i nosivog sloja od nevezanog zrnatog kamenog materijala. Tip 2 od asfaltnih slojeva i zrnatog stabiliziranog cementom i sličnim hidrauličkim vezivima. Tip 3 daje kombinaciju prva dva tipa.
Dimenzioniranje se obavlja prema dijagramima za asfaltne i nevezane, te asfaltne i cementom vezane zrnate kamene materijale. Dijagram za asfaltne i nevezane slojeve prikazan je na slici 1.
Ukupnu debljinu asfaltnih slojeva potrebno je podijeliti na asfaltne slojeve u skladu s pripadajućim koeficijentima zamjene, dok se nosivi sloj od nevezanog kamenog materijala dobije direktno.
Debljina nosivog sloja od nevezanog zrnatog kamenog materijala određuje se iz razlike između stabiliziranog nosivog sloja, odgovarajućim preračunavanjem pomoću koeficijenata zamjene materijala.

2.2 NJEMAČKA

Kolničke konstrukcije u Njemačkoj su standardizirane smjernicama RStO 86 iz 1986. godine, nadopunjene 1989. i 1996. godine.
Za standardnu osovinu uzima se jednostruka osovina s opterećenjem 100 kN i na osnovu broja standardnih osovina propisane su kolničke konstrukcije po klasama I do VI i klasa SV. Konstrukcija klase SV je najjača (preko 32 milijuna standardnih osovina), dok je kod klase VI najslabija (do 0.1 milijuna osovina od 10t (100kN)) [6].
Kao ulazni podaci za proračun prometnog opterećenja koristi se ili broj teških vozila preko 3.5 t (metoda 1) ili poznata osovinska opterećenja (metoda 2) [5].

Metoda 1.1: Određivanje ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja iz $DTV_{i-1}^{(SV)}$ - za promjenjive faktore:

$$B = 365 \cdot q_{Bm} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[DTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1+p_i) \right]$$

$$DTA_{i-1}^{(SV)} = DTV_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{A_{i-1}}$$

Metoda 1.2: Određivanje ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja iz $DTV_{i-1}^{(SV)}$ - za konstantne faktore $f_A, q_{Bm}, f_1, f_2, f_3, f_Z$:

$$B = N \cdot DTV^{(SV)} \cdot f_A \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_Z \cdot 365$$

$$f_Z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} \cdot (1+p)$$

Metoda 2.1: Određivanje ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja iz podataka osovinskog opterećenja za promjenjive faktore: $$B = 365 \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^{N}\left[EDTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1+p_i)\right]$$

$$EDTA_{i-1}^{(SV)} = \sum_{k}\left[DTA_{(i-1)k}^{(SV)} \cdot \left(\frac{L_k}{L_0}\right)^4\right]$$

Metoda 2.2: Za konstantne faktore: $$B = N \cdot EDTV^{(SV)} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_Z \cdot 365$$

$$EDTA_{i-1}^{(SV)} = \sum_{k}\left[DTA_{(i-1)k}^{(SV)} \cdot \left(\frac{L_k}{L_0}\right)^4\right]$$

Tafel 4: Achszahlfaktor f_A, Lastkollektivquotient q_{Bm} und mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p (nach RStO)

Straßengruppe	f_A	q_{Bm}	p
Bundesautobahnen	4,2	0,26	0,03
Bundesstraßen	3,7	0,20	0,02
Landes- und Kreisstraßen	3,1	0,18	0,01

Tafel 5: Fahrstreifenfaktor f_1, Fahrstreifenbreitenfaktor f_2, Steigungsfaktor f_3

f_1	**Fahrstreifenfaktor,** abhängig von der Erfassung des $DTV^{(SV)}$						
	Fahrstreifenzahl im Querschnitt		1	2	3	4	5	> 6
	Verkehr je Richtung getrennt gezählt	f_1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80
	Verkehr in beiden Richtungen gezählt	f_1	–	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40
f_2	**Fahrstreifenbreitenfaktor**						
	Fahrstreifenbreite [m]	< 2,50	2,50...2,74	2,75...3,24	3,25...3,74	> 3,75	
	f_2	2,00	1,80	1,40	1,10	1,00	
f_3	**Steigungsfaktor**						
	Höchstlängsneigung [%]	< 2	2...< 4	4...< 5	5...< 6	6...< 7	
	f_3	1,00	1,02	1,05	1,09	1,14	
	Höchstlängsneigung [%]	7...< 8	8...< 9	9...< 10	> 10		
	f_3	1,20	1,27	1,35	1,45		

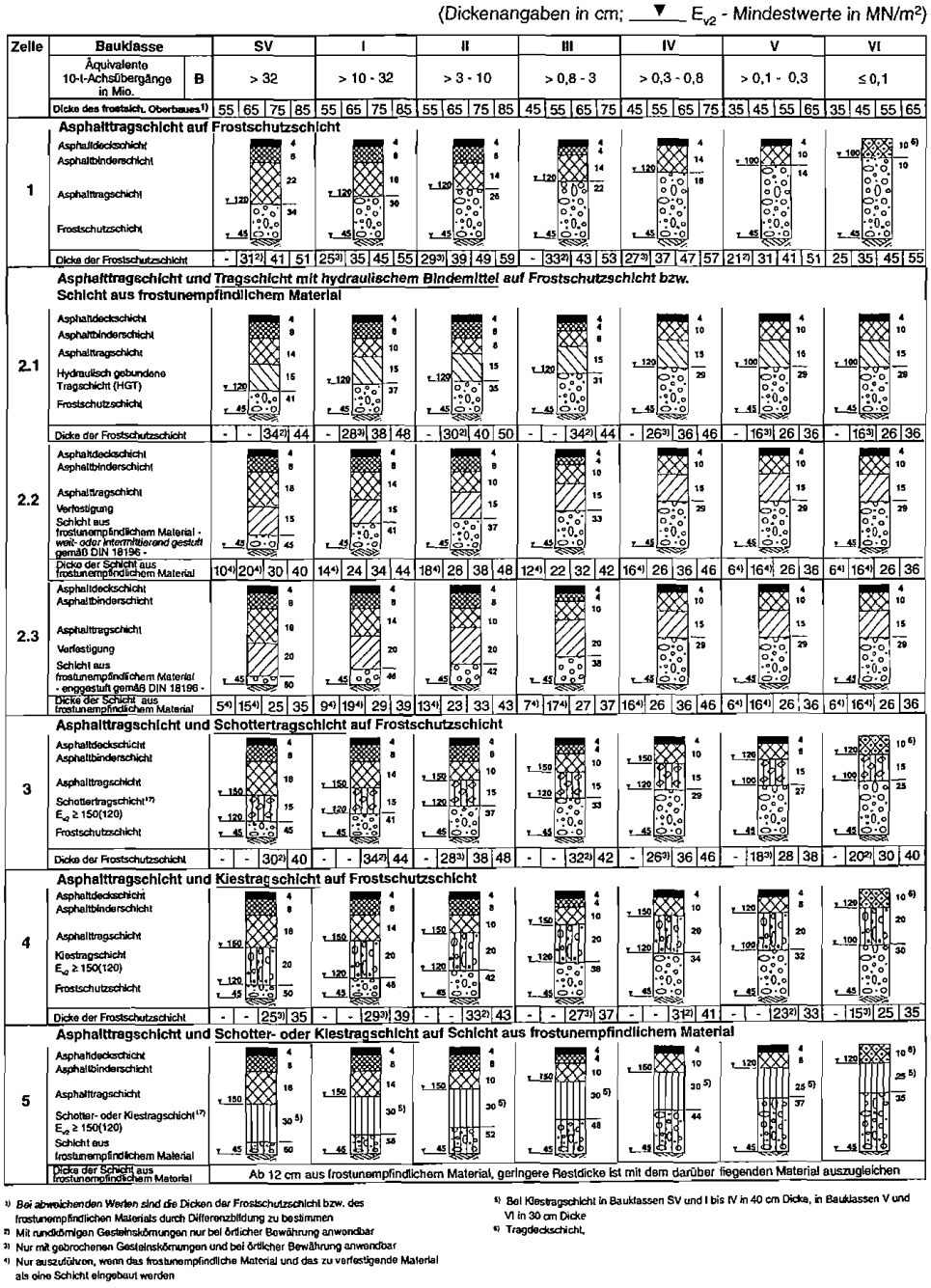
Tafel 6: Mittlerer zeitlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f_Z

Jahre N	Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p			Berechnungsformel
	0,01	0,02	0,03	
1	1,010	1,020	1,030	$f_Z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} \cdot (1+p)$
5	1,030	1,062	1,094	
10	1,057	1,117	1,181	
15	1,084	1,176	1,277	
20	1,112	1,239	1,384	
25	1,141	1,307	1,502	
30	1,171	1,379	1,633	

Slika 2. *Koeficijenti za proračun ukupnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja iz RStO 086 [5]*

Gdje su: B - ukupno ekvivalentno osovinsko opterećenje (broj osovina 10 t) u projektnom razdoblju; N - projektno razdoblje, najčešće 30 godina; $DTV_{i-1}^{(SV)}$ - prosječno dnevno prometno opterećenje teških vozila (mase preko 3.5 t) u godini korištenja i-1; $DTA_{i-1}^{(SV)}$ - prosječan broj osovinskih prijelaza teških vozila dnevno u godini korištenja i-1; $EDTA_{i-1}^{(SV)}$ - prosječan broj ekvivalentnih osovinskih prijelaza teških vozila dnevno u godini korištenja i-1; $DTA_{(i-1)k}^{(SV)}$ - prosječan broj ekvivalentnih osovinskih prijelaza teških vozila dnevno u godini korištenja i-1 za klasu opterećenja k; $f_{A_{i-1}}$ - prosječan broj osovina po teškom vozilu u godini korištenja i-1 (slika 3); q_{Bm} - raspodjela ukupnog prometnog opterećenja u godini korištenja i-1; pretvaranje stvarnog broja osovina u ekvivalentne od 10 t (slika 3); f_{1i} - faktor raspodjele po smjerovima za godinu i; f_{2i} - faktor širine prometne trake za godinu i; f_{3i} - faktor uzdužnog nagiba za godinu i; f_z - srednji faktor rasta prometa teških vozila; p_i - srednji godišnji rast prometa teških vozila u godini i; k - klasa opterećenja s jednostrukim osovinskim opterećenjem; L_k- srednja osovina u klasi k; L_0 - dvostuke osovine 10 t.

Vrijednosti svih navedenih koeficijenata su date u tablicama 4,5 i 6 standarda *RStO 086 [5]* (slika 2).



¹) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen
²) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewährung anwendbar
³) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewährung anwendbar
⁴) Nur auszuführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden
⁵) Bei Kiestragschicht in Bauklassen SV und I bis IV in 40 cm Dicke, in Bauklassen V und VI in 30 cm Dicke
⁶) Tragdeckschicht.

Slika 3. *Katalog konstrukcija [5]*

Na teorijskim osnovama i stečenim iskustvima nastao je katalog za pojedine tipove kolničkih konstrukcija koji se određuju prema prometnom opterećenju i za posteljicu $E_{v2} \geq 45MN/m^2$ (slika 3).

Slojevi koji se koriste u standardu su: Asphaltdeckschicht - habajući sloj; Asphaltbinderschicht - asfaltni vezni sloj; Asphalttragschicht - asfaltni nosivi slo; Hydraulisch gebundene Tragschicht - hidraulički vezani nosivi sloj; Frostschutzschicht - nosivi sloj otporan na smrzavanje; Kiestragschicht - šljunčani nosivi sloj.

2.3 AUSTRIJA

Austrijske smjernice za dimenzioniranje kolničkih konstrukcija sadrže katalog standardnih konstrukcija za svaki razred opterećenja. Katalog konstrukcija je rezultat analitičkih proračuna konstrukcije kao linearno elastičnog modela, kalibriranog podacima temeljenim na iskustvu u izgradnji.

Za standardnu osovinu uzima se 100 kN i sva teška vozila se faktorima ekvivalencije svode na standardnu za projektno razdoblje 20 godina.

RVS 3.63 daje postupak za dimenzioniranje kolnika bez srednjeg prirasta (postupni prirast). Ovisno o prometnom opterećenju i za minimalnu nosivost posteljice, katalog konstrukcija daje minimalne debljine pojedinih tipova kolničkih konstrukcija (Tablica 5 na slici 6).
Za dulje vrijeme (više od dvije godine) za promet postupnog prirasta, potrebne debljine dodatnog sloja se dobiju na osnovu metode u RVS 3,64. Navedeno u smjernicama se odnosi samo za normalne uvjete, prometnog toka, klimatske i hidrološke.
Za slučajeve kada osnovni uvjeti, koje zahtijeva standard, nisu ispunjeni potrebna je posebna procjena. Kod bitumenom vezanih slojeva, kada promet mjerodavnog vozila padne ispod 40 km/h ili se se jave iznadprosječne horizontalne sile (zbog kočenja ili ubrzavanja), potrebne su dodatne mjere u vidu ojačavanja.
Dimenzioniranje se radi s obzirom na prometno opterećenje, najopterećenije prometne trake. Ovo prometno opterećenje se izražava preko ekvivalentnog broja prijelaza standardnih osovina 100 kN i kao ukupno projektno standardno osovinsko opterećenje BNLW (Bemessungsnormlastwechsel). Ovo opterećenje (mjerodavno za proračun) se dobije iz izraza [6]:

$$BNLW = NLW_{tägl} \cdot R \cdot V \cdot S \cdot 365 \cdot n \cdot z$$

Gdje je:

$NLW_{tägl}$ - prosječno dnevno standardno osovinsko opterećenje (prijelazi osovina 100 kN) za presjek ceste.

$NLW_{tägl}$ se dobije iz poznavanja prosječnog godišnjeg dnevnog prometa JDTV i kategorije vozila:

$$NLW_{tägl} = \sum_i \left(JDTV_i \cdot Ä \right)$$

Ä – srednji koeficijent ekvivalencije kategorije vozila. Za teško vozilo bez prikolice je 0,70, vozilo s prikolicom 1,20 i autobuse 0,60 (Tab. 1 na slici 4). Ne vrijedi za linijske autobuse u urbanom području.

Tabelle 1: mittlere Äquivalenzwerte für verschiedene Fahrzeugkategorien

Fahrzeugkategorie	$Ä_i$
Lkw ohne Anhänger	0,70
Lkw mit Anhänger bzw. Sattelzüge	1,20
Busse*)	0,60

*) nicht gültig für Linienbusse im städtischen Bereich

Tabelle 2: mittlere Äquivalenzwerte des JDTLV – Kollektivs für verschiedene Straßenkategorien

Straßenkategorie	$Ä_{JDTLV}$
Autobahnen	1,00
sonstige Straßen	0,90

Slika 4. *Srednji koeficijent ekvivalencije kategorije vozila [6] i koeficijent ekvivalencije* za JDTLV *pojedine kategorije ceste [7]*

Kada nema podataka o raspodjeli prometa, tada se računa po izrazu:

$$NLW_{tägl} = JDTLV_{ges} \cdot Ä_{JDLTV}$$

Gdje su: $JDTLV_{ges}$ - prosječni godišnji dnevni promet teških vozila u 24 sata kroz poprečni presjek ceste. Uzima se procjenom od ukupnog prometnog opterećenja; $Ä_{JDLTV}$ - srednji koeficijent ekvivalencije za JDTLV za određenu kategoriju ceste. Za autoceste iznosi 1,00, a za ostale 0,90 (Tab. 2 na slici 4); R – koeficijent raspodjele prometa po smjerovima; V - koeficijent raspodjele prometa po trakovima, iznosi 1,0 za 2 dvosmjerne trakove, a 0,90 za 3 ili više trakova; S - koeficijent raspodjele prometa unutar traka, ovisi o širini (Tab. 3 na slici 5). Ovo vrijedi samo za vangradske ceste i za one s odvojenim smjerovima. U suprotnom se uzima vrijednost kao za b_f= 3,00 m; n – projektno razdoblje obično se uzima 20 godina; z – koeficijent povećanja prometa za godišnji porast p (%). Ako nema podataka uzima se p= 3 % za autoceste ili p= 1 % za ostale ceste. $z = \frac{q^n - 1}{n \cdot (q-1)}$, $q = 1 + \frac{p}{100}$

Tabelle 3: Fahrspurfaktor S in Abhängigkeit von der Fahrstreifenbreite b_f (bei Zwischenbreiten ist die kleinere Fahrstreifenbreite maßgebend)

b_f	< 3,00 m[1])	3,00 m	3,25 m	3,50 m	3,75 m	≥ 4,00 m
S	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

[1]) Gilt nur für Ortsdurchfahrten bzw. für einzelne Richtungsfahrstreifen bei seitlichen Begrenzungen. In allen anderen Fällen ist der Wert für b_f = 3,00 m anzusetzen.

Slika 5. *Koeficijent raspodjele prometa unutar traka, ovisno o širini ceste [7]*

Prema određenim vrijednostima opterećenja BNLW, promet se klasificira u klase opterećenja i za odabrani tip konstrukcije, definiraju se debljine slojeva (Tab. 5 na slici 6).

Tablica 2 (slika 4) s navedenim prosječnim vrijednostima $Ä_{JDLTV}$ se koristi kada nema preciznih podataka, ali ako se uoče, npr. nesrazmjeri udjela teških vozila, potrebno je provesti istraživanje i procjenu prometnog opterećenja detaljnije. To se osobito odnosi na slabije opterećene ceste (IV i V kategorija) gdje treba sustavnije razmotriti osobine toka kao što su sezonske varijacije i vršno opterećenje. Standard RVS 8,24 zahtijeva modul elastičnosti posteljice minimalno $E_{v1} = 35MN/m^2$, a ako je vrijednost manja potrebna su poboljšanja. Ako su vrijednosti E_{v1} dosta veće dopuštene su korekcije debljine slojeva u katalogu.
Kvaliteta materijala i sama ugradnja su propisane smjernicama RVS 8S.05.11 i RVS 8.512. Za posteljicu $E_{v1} \geq 35MN/m^2$, tablica 5 (slika 6) daje debljine pojedinih slojeva kolničke konstrukcije, uz prethodno definiranu klasu opterećenja i tip konstrukcije.

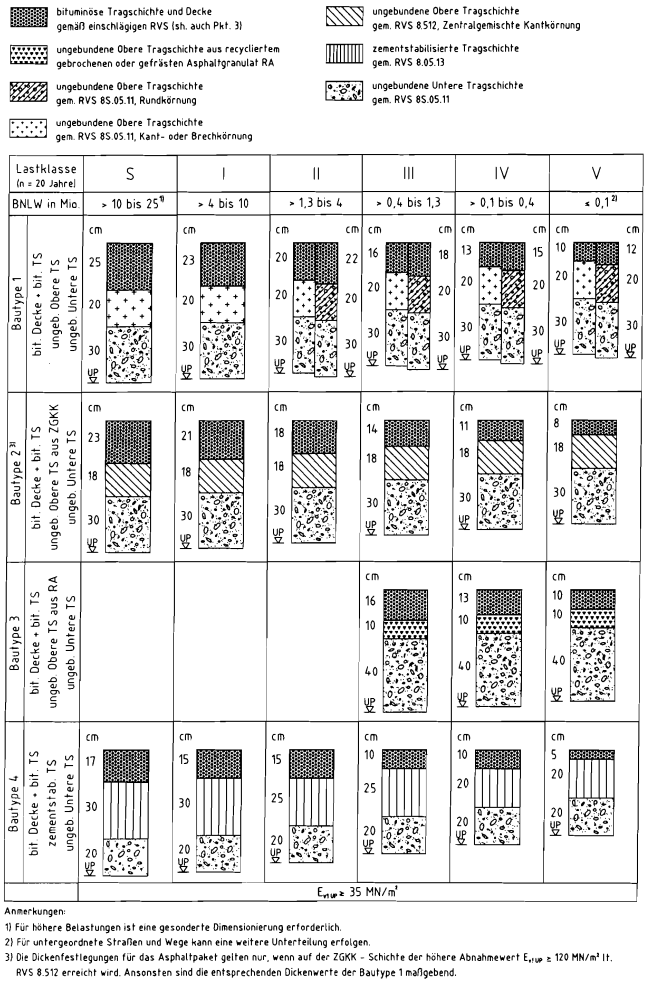


Tabelle 5: Bemessungstabelle für Oberbauten mit bituminösen Befestigungen

Slika 6. *Katalog kolničkih konstrukcija [7]*

Slojevi koji se koriste u standardu su: bituminöse Tragschichte und Decke - bitumenski nosivi sloj i habajući sloj; ungebundene Obere Tragschichte aus recycliertem gebrochenen oder gefraesten Asphaltgranulat - nevezani gornji nosivi sloj od recikliranog lomljenog ili mljevenog asfaltnog granulata; ungebundene Obere Tragschichte, Rundkörnung - nevezani gornji nosivi sloj, okruglozrni; ungebundene Obere Tragschichte, Brechkörnung - nevezani gornji nosivi sloj, drobljeni; ungebundene Obere Tragschichte, Zentralgemischte Kantkörnung - nevezani gornji nosivi sloj, srednje granulacije; zementstabilisierte Tragschichte - cementno stabilizirani nosivi sloj; ungebundene Untere Tragschichte - nevezani donji nosivi sloj.

2.4 ŠVICARSKA

Švicarska metoda dimenzioniranja kolničke konstrukcije je temeljena na AASHTO metodi i na vlastitim iskustvima stečenim na izgradnji mreže cesta. Standard sadrži katalog konstrukcija na osnovu kojih se dimenzionira debljina pojedinih slojeva, kako za novoprojektirane ceste, tako i za rekonstrukciju [10]. Dimenzionira se na temelju broja standardnih osovina 80 kN u projektnom razdoblju 20 godina [9].

Za proračun ukupnog broja prijelaza osovina u projektnom razdoblju se koristi: y_i - ekvivalentni dnevni promet; i - broj prometnih trakova; TF_n - dnevno ekvivalentno prometno opterećenje (srednje dnevno opterećenje u projektnom razdoblju n godina, za 20 godina se označava TF_{20}); W_n - ukupno ekvivalentno prometno opterećenje za vrijeme n godina (za 20 godina je W_{20}).
Razlikuju se tri tipa osovina jednostruka, dvostruka i trostruka. Kao referentna se uzima jednostruka 80 kN (ESAL - Equivalent Single Axle Load, mase 8,16 t).
U proračun se uzimaju samo vozila mase 3,5 t i veće, dok se osobna vozila ne uzimaju. Vozila su definirana u 10 SLF (schwere Lastfahrzeuge – teško teretno vozilo) skupina.
Postoje 4 načina proračuna ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja, ovisno o svrsi prometnice, tj. o raspoloživim podacima:

1. Kada imamo posebne uvjete ceste, kao npr. pristupi gradilištima ili industrijskim područjima, i raspolažemo detaljnijim podacima o vozilima.
2. Ukupno ekvivalentno prometno opterećenje W se temelji na distribuciji teških vozila u teškim prometnim klasama. Ova metoda se koristi kada postoje podaci o raspodjeli i broj prolaza teških vozila svakog razreda ima odgovarajući faktor ekvivalentnosti (propisani faktori za 10 tipova vozila).
3. Postoje samo 3 kategorije vozila (SLF - kategorije), kamion (Lastwagen), kamion s prikolicom (Lastenzug) i poluprikolicom (Sattelschlepper) s koeficijentima.
4. Kada nemamo podatke kao u prethodna 3 slučaja, tada se koeficijenti određuju na osnovu funkcije ceste za koju se računa (Tab. 5 na slici 7).

Gdje su:
Hochleistungsstrasse (HLS): Transitautobahnen – ceste velike razine usluge: tranzitne autoceste;
Hochleistungsstrasse (HLS): Autobahnen - ceste velike razine usluge: autoceste;
Hauptverkehrsstrassen (HVS) – glavne prometnice;
Verbindungsstrassen (VS) – vezne ceste.
Za sve načine koristi se izraz [9]:

$$W = \sum n_i \cdot k_i$$

Gdje su:
W – ukupno ekvivalentno prometno opterećenje; n_i - broj osovina opterećenja i za projektno razdoblje; k_i – faktor ekvivalencije opterećenja i.

Da bi izračunali dnevno ekvivalentno prometno opterećenje TF_n, potrebno je izračunati faktor rasta na osnovu godišnjeg prirasta prometa:

$$TF_n = \frac{(1+r)^n 1}{r \cdot n} \cdot TF_0$$

r – godišnja stopa rasta, $r[-], r \neq 0$

n – broj godina

Ukupan broj standardnih osovina W_n u projektnom razdoblju n je:

$$W_n = \sum_{i=1}^{365n} y_i$$

Standard **SN 640324a** [10] daje smjernice za dimenzioniranje novoprojektirane ceste kao i za ojačavanje postojeće. Faktori koji utječu na dimenzioniranje su prometno opterećenje, teren i lokalni uvjeti.

Tab. 5
Durchschnittliche Äquivalenzfaktoren des Schwerverkehrs nach Strassentyp

Tab. 5
Facteurs d'équivalence moyens du trafic lourd selon le type de routes

Strassentypen nach Norm [5] *Types de routes selon norme [5]*	Oberbau mit bituminösem Mischgut *Chaussée en enrobé bitumineux*	Oberbau mit Beton *Chaussée en béton*
Hochleistungsstrasse (HLS): Transitautobahnen *Routes à grand débit (RGD): autoroutes de transit*	1,5	1,5
Hochleistungsstrasse (HLS): Autobahnen *Routes à grand débit (RGD): autoroutes*	1,3	1,5
Hauptverkehrsstrassen (HVS) *Routes principales (RP)*	1,2	1,4
Verbindungsstrassen (VS) *Routes de liaison (RL)*	1,0	1,3

Slika 7. *Faktor ekvivalencije ovisno o tipu ceste [9]*

Definiranje prometnog opterećenja je prethodno objašnjeno i on se klasificira u jednu od 6 klasa, od T1 vrlo lakog, do T6 ekstremno teškog (Tab. 1 na slici 8) [10].

Tab. 1
Verkehrslastklassen

Tab. 1
Classes de trafic pondéral

Verkehrslastklassen		Tägliche äquivalente Verkehrslast TF	Classes de trafic pondéral		Trafic pondéral équivalent journalier TF
T1	Sehr leicht	≤ 30	T1	Très léger	≤ 30
T2	Leicht	> 30 ... 100	T2	Léger	> 30 ... 100
T3	Mittel	> 100 ... 300	T3	Moyen	> 100 ... 300
T4	Schwer	> 300 ... 1000	T4	Lourd	> 300 ... 1000
T5	Sehr schwer	> 1000 ... 3000	T5	Très lourd	> 1000 ... 3000
T6	Extrem schwer	> 3000 ... 10000	T6	Extrêmement lourd	> 3000 ... 10000

Slika 8. *Grupe prometnog opterećenja [10]*

Norma definirata glavne faktore vezane za teren i klasificira ga u 5 grupa, od najlošijeg S0 do najboljeg s4 (Tab. 2 na slici 9).

Tab. 2
Tragfähigkeitsklassen

Tab. 2
Classes de portance

Tragfähigkeitsklasse *Classes de portance*	M_{E1} [kN · m^{-2}]	E_{V1} [kN · m^{-2}]	CBR [%]	k [MN · m^{-3}]
S0 sehr geringe Tragfähigkeit *portance très faible*	< 6000	< 4500	< 3	< 15
S1 geringe Tragfähigkeit *portance faible*	6000 ... 15000	4500 ... 11250	3 ... 6	15 ... 30
S2 mittlere Tragfähigkeit *portance moyenne*	> 15000 ... 30000	> 11250 ... 22500	> 6 ... 12	> 30 ... 60
S3 hohe Tragfähigkeit *portance élevée*	> 30000 ... 60000	> 22500 ... 45000	> 12 ... 25	> 60 ... 100
S4 sehr hohe Tragfähigkeit *portance très élevée*	> 60000	> 45000	> 25	> 100

Slika 9. *Grupe podloge [10]*

Teren koji spada u grupu S0 nije predmet ovog standarda i zahtijeva poboljšanje. Također standard daje i utjecaj mraza, kao i lokalne uvjete (geološki, hidrološki uvjeti,...).
Dimenzioniranje se temelji na načelima AASHTO-a i definiranja strukturnog broja koji je suma umnožaka debljine pojedinih slojeva D i koeficijenata zamjene a (Tab. 5 na slici 11):

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + ... + a_nD_n$$

Gdje su: a_i – koeficijent zamjene (standardni tucanik ima a=1,0); D_i – debljina sloja (cm).

Potrebni strukturni broj se dobije na osnovu klase prometnog opterećenja (T_i) i klase podloge (S_i) iz tablice (Tab. 3 na slici 10). Dimenzionirani strukturni broj da bi zadovoljio mora biti veći od potrebnog.

Tab. 3
Erforderlicher Strukturwert SN_{erf} [cm] in Funktion von Verkehrslastklasse Ti und Tragfähigkeitsklasse Si gemäss [20]

Ti \ Si	S1	S2	S3	S4
T1	73	59	50	41
T2	87	73	59	50
T3	105	87	73	59
T4	123	105	87	73
T5	145	123	105	87
T6	171	145	123	105

Tab. 3
Valeur de structure nécessaire $SN_{néc}$ [cm] en fonction de la classe de trafic pondéral Ti et de la classe de portance Si selon [20]

Ti \ Si	S1	S2	S3	S4
T1	73	59	50	41
T2	87	73	59	50
T3	105	87	73	59
T4	123	105	87	73
T5	145	123	105	87
T6	171	145	123	105

Slika 10. *Potrebni strukturni broj $SN_{erf\,c}$ u funkciji opterećenja T_i i podloge S_i [10]*

Tab. 5
Tragfähigkeitswerte (a-Werte) der Oberbauschichten in Funktion der Schadenbildung bezogen auf den Basiswert Kiessand rund a = 1,0

Tab. 5
Valeurs de portance (coefficient a) des couches de la superstructure en fonction des dégradations par rapport à la valeur de base de la grave ronde a = 1,0

Oberbauschichten *Couches de superstructure*	a-Werte neuer Oberbauschichten *Coefficients a des nouvelles couches de superstructure*	a-Werte alter Oberbauschichten in Funktion der Schadenbildung *Coefficients a des anciennes couches de superstructure en fonction des dégradations*		
		Leichte Belagsschäden [14] *Dégradations légères du revêtement [14]* Materialverluste Rissbildungen *Perte de matériaux, fissurations*	Mittlere Belagsschäden [14] *Dégradations moyennes du revêtement [14]* Materialverluste Rissbildungen *Perte de matériaux, fissurations*	Schwere strukturelle Schäden [14] *Dégradations structurales graves [14]* Netzrissbildungen Verdrückungen *Faïençage, déformations*
Bituminöse Beläge Deck- und Tragschichten aus Asphaltbeton oder Gussasphalt; Deckschichten aus Rauhasphalt oder Splittmastixasphalt *Revêtements bitumineux* *Couches de roulement et de support en béton bitumineux ou en asphalte coulé; couches de roulement en enrobés macro-rugueux ou en Splittmastixasphalt*	4,0	3,4	2,8	2,4
Drainasphaltdeck- und -tragschichten *Couches de roulement et de support en enrobé drainant*	2,6	2,2	1,8	1,6
Heissmischfundationsschicht HMF *Couche de fondation à chaud HMF*	3,2	2,8	2,2	1,9
Schottertränkung *Pénétration*	2,6	2,2	1,8	1,6
Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln *Stabilisation aux liants hydrauliques*	2,4	2,0	1,7	1,5
Kiessand gebrochen *Grave concassée*	1,25	1,25	1,25	0,75[1]
Kiessand rund *Grave ronde*	1,0	1,0	1,0	0,6[1]
Stabilisierung mit bituminösen Bindemitteln (z.B. KMF) *Stabilisation aux liants bitumineux (p.ex. KMF)*	2,7	2,3	1,9	1,6

[1] Fundationsschicht stark verschmutzt oder frostempfindlich

[1] Couche de fondation très polluée ou gélive

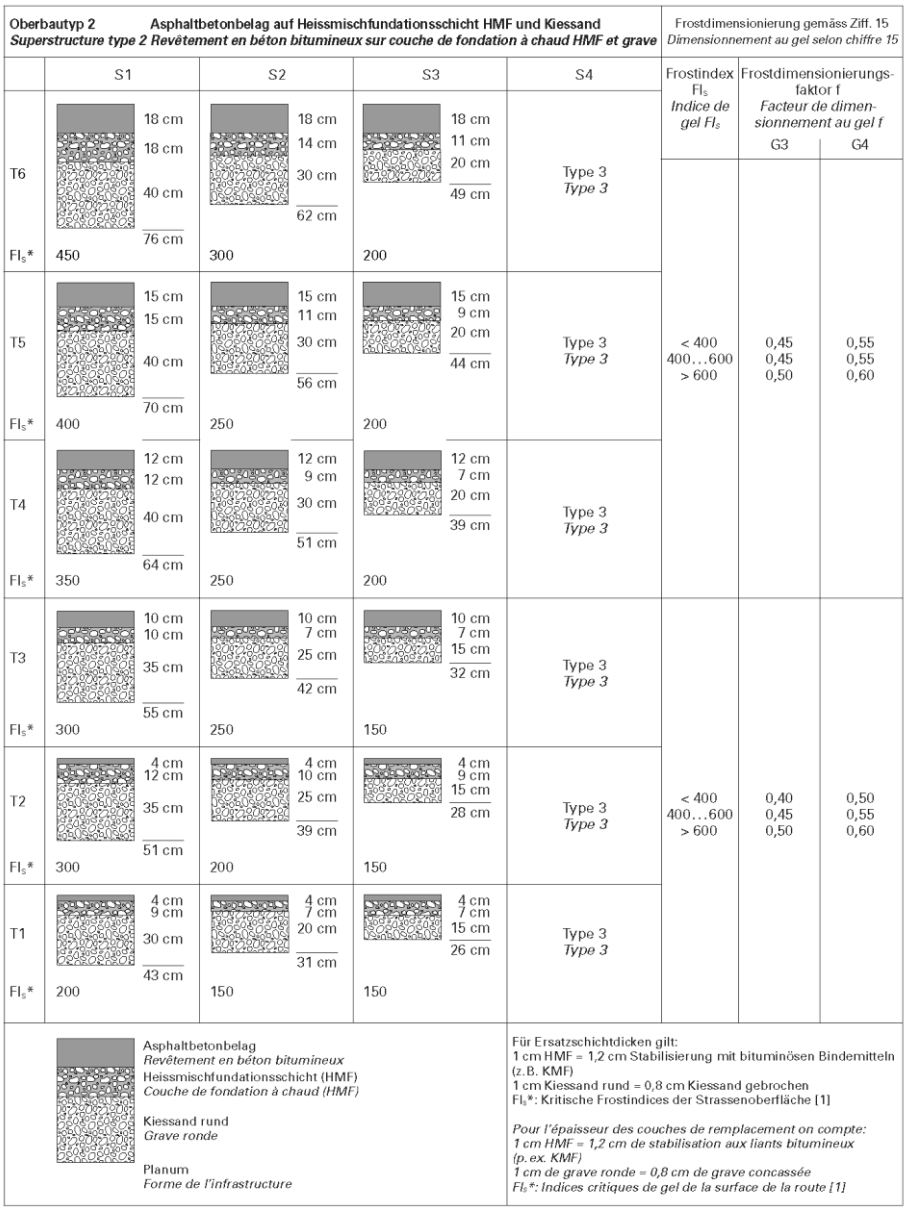
Slika 11. *Koeficijenti zamjene pojedinih materijala [10]*

Gdje su: Bituminöse Beläge – bitumenski premazi; Deck- und Tragschichten aus Asphaltbeton – habajući i nosivi slojevi asfalta; Gussasphalt - lijevani asfalt; Deckschichten aus Rauhasphalt – površinski grubi asfalt; Drainasphaltdeck - und – tragschichten – drenažni asfaltni slojevi i nosivi slojevi; Heissmischfundationsschicht HMF – vruće miješani bitumenizirani nosivi slojevi; Schottertränkung – šljunak; Stabilisierung mit hydraulischen; indemitteln – hidraulično vezana stabilizacija; Kiessand gebrochen – drobljeni šljunak; Kiessand gebrochen – obli šljunak; Stabilisierung mit bituminösen Bindemitteln (z.B. KMF) – bitumenom vezana stabilizacija.

Ovisno o opterećenju T_i i podlozi S_i, te odabranim slojevima kolničke konstrukcije, standard daje 6 tipova konstrukcija:

- Tip 1 daje za slojeve asfaltbetona i šljunka,
- Tip 2 daje za slojeve asfaltbetona, bitumeniziranog nosivog sloja i šljunka,
- Tip 3 daje za slojeve asfaltbetona i bitumeniziranog nosivog sloja,
- Tip 4 daje za slojeve asfaltbetona, hidraulički stabiliziranog nosivog sloja i šljunka,
- Tip 5 daje za slojeve asfaltbetona i hidraulički stabiliziranog nosivog sloja,
- Tip 6 daje za slojeve asfaltbetona, šljunka i hidraulički stabiliziranog nosivog sloja.

Primjer kataloga za Tip 2 prikazuje slika 12.



Oberbautyp 2 — Asphaltbetonbelag auf Heissmischfundationsschicht HMF und Kiessand *Superstructure type 2 Revêtement en béton bitumineux sur couche de fondation à chaud HMF et grave*	S1	S2	S3	S4	Frostdimensionierung gemäss Ziff. 15 *Dimensionnement au gel selon chiffre 15* Frostindex FI_S *Indice de gel* FI_S	Frostdimensionierungsfaktor f *Facteur de dimensionnement au gel f* G3	G4
T6	18 cm 18 cm 40 cm 76 cm	18 cm 14 cm 30 cm 62 cm	18 cm 11 cm 20 cm 49 cm	Type 3 *Type 3*			
FI_S*	450	300	200				
T5	15 cm 15 cm 40 cm 70 cm	15 cm 11 cm 30 cm 56 cm	15 cm 9 cm 20 cm 44 cm	Type 3 *Type 3*	< 400 400…600 > 600	0,45 0,45 0,50	0,55 0,55 0,60
FI_S*	400	250	200				
T4	12 cm 12 cm 40 cm 64 cm	12 cm 9 cm 30 cm 51 cm	12 cm 7 cm 20 cm 39 cm	Type 3 *Type 3*			
FI_S*	350	250	200				
T3	10 cm 10 cm 35 cm 55 cm	10 cm 7 cm 25 cm 42 cm	10 cm 7 cm 15 cm 32 cm	Type 3 *Type 3*			
FI_S*	300	250	150				
T2	4 cm 12 cm 35 cm 51 cm	4 cm 10 cm 25 cm 39 cm	4 cm 9 cm 15 cm 28 cm	Type 3 *Type 3*	< 400 400…600 > 600	0,40 0,45 0,50	0,50 0,55 0,60
FI_S*	300	200	150				
T1	4 cm 9 cm 30 cm 43 cm	4 cm 7 cm 20 cm 31 cm	4 cm 7 cm 15 cm 26 cm	Type 3 *Type 3*			
FI_S*	200	150	150				

Asphaltbetonbelag
Revêtement en béton bitumineux
Heissmischfundationsschicht (HMF)
Couche de fondation à chaud (HMF)

Kiessand rund
Grave ronde

Planum
Forme de l'infrastructure

Für Ersatzschichtdicken gilt:
1 cm HMF = 1,2 cm Stabilisierung mit bituminösen Bindemitteln (z.B. KMF)
1 cm Kiessand rund = 0,8 cm Kiessand gebrochen
FI_S*: Kritische Frostindices der Strassenoberfläche [1]

Pour l'épaisseur des couches de remplacement on compte:
1 cm HMF = 1,2 cm de stabilisation aux liants bitumineux (p. ex. KMF)
1 cm de grave ronde = 0,8 cm de grave concassée
FI_S: Indices critiques de gel de la surface de la route [1]*

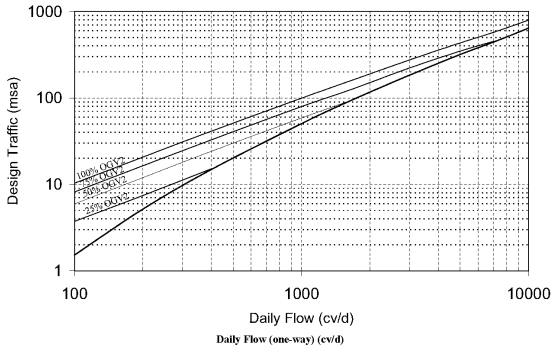
Slika 12. *Tip 2 kolničke konstrukcije, slojevi asfaltbetona, bitumeniziranog nosivog sloja i šljunka [10]*

2.5 VELIKA BRITANIJA

Britanska metoda dimenzioniranja kolničkih konstrukcija je bazirana na analitičkom proračunu linearnog, višeslojnog, elastičnog modela. Proračunavaju se dopuštene razine horizontalnih vlačnih naprezanja na donjoj strani i vertikalnih tlačnih naprezanja na gornjoj stani kolničke konstrukcije pod utjecajem ukupnog broja ekvivalentnih standardnih osovina 80 kN u projektnom razdoblju 40 godina.
Za proračun prometnog opterećenja koriste se faktori [11]: komercijalna vozila F (mase preko 3.5 t) u početnom razdoblju (dobije se preko PGDP-a), projektno razdoblje Y (40 godina, s tim da je 85 % vjerojatnost da će konstrukcija izdržati 20 godina bez ojačavanja), faktor rasta G, faktor nosivost W i postotak vozila u najopterećenijem traku P. Vozila su podijeljena u tri klase, PSV (javni servis), teška vozila OGV1 (dvoosovinci i troosovinci) i teška vozila OGV2 (5 tipova vozila većih masa i broja osovina). Za projektiranje novih cesta potrebno je izvršiti proračune i modele kako bi se dobio uvid o vozilima OGV2, a minimalne vrijednosti su prema slici 13.

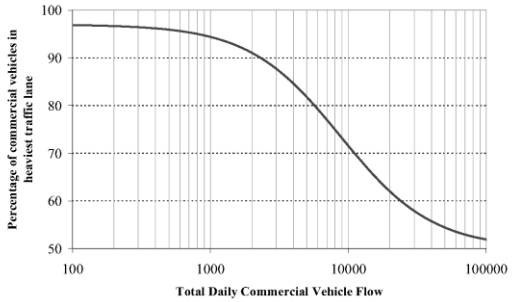


Slika 13. *Minimalna vrijednost vozila OGV2 (%) ovisnosti o dnevnom toku, za nove konstrukcije [11]*



Slika 14. *Prometno opterećenje u ovisnosti o dnevnom toku, za projektno razdoblje 40 godina [11]*

Ako podaci neophodni za standardni proračun i procjenu prometnog opterećenja nisu dostupni, tada se opterećenje za sve prometne trakove u jednom smjeru (za razdoblje 40 godina) uzima na osnovu grafova na slikama 13 i 14 (Figure 2.2 i Figure 2.5). Ako nisu poznati konkretni podaci, za **faktor rasta** OGV1+PSV i OGV2, uzimaju se vrijednosti iz grafikona (Figure 2.3 u standardima). Ako su pak poznati podaci o prošlom prometu oni se koriste za procjenu budućeg, ali samo ako su poznati podaci najmanje 10 godina jer kraća razdoblja nisu pouzdana. Tada se koristi grafikon (Figure 2.4 u standardima).



Slika 15. *Postotak komercijalnih vozila (P) u najopterećenijem traku u ovisnosti o ukupnom dnevnom toku komercijalnih vozila [11]*

Faktor nosivosti (W) pojedinih vozila se dijeli na vrijednost za postojeće (W_M) i novoprojektirane ceste (W_N). Vrijednosti za nove ceste su veće zbog rizika u predviđanju budućeg prometa. **Postotak komercijalnih vozila (P)** u najopterećenijem traku koristi se kao mjerodavan za proračun. Za ceste koje imaju dva i više trakova u jednom smjeru, mjerodavni postotak se dobije na osnovu grafikona sa slike 15 (Figure 2.5). **Budući promet (T)** u milijunima standardnih osovina se računa po izrazu:

$$T_i = 365 \times F \times Y \times G \times W \times P \times 10^6 \text{ msa}$$

Gdje su: F - prometni tok (AADF) u početnom razdoblju; Y - projektno razdoblje (godina); G - faktor rasta; W - faktor nosivosti tipova vozila (W_M i W_N); P - postotak vozila u najopterećenijem traku.

Projektirana debljina se temelji na četiri klase tlačne čvrstoće (definirana kao višeslojni poluprostor trajne čvrstoće):

- klasa 1 $\geq$ 50 Mpa; bez donjeg nosivog sloja i za opterećenje do 20 milijuna standardnih osovina,
- klasa 2 $\geq$ 100 Mpa; kolnička konstrukcija s donjim nosivim slojem, za opterećenje do 80 mil. standardnih osovina, osim ako je upotrijebljen vezani donji nosivi sloj debljine 150 mm ili više,
- klasa 3 $\geq$ 200 Mpa; projektiran je i cementni ili hidraulično vezani donji nosivi sloj,
- klasa 4 $\geq$ 400 Mpa; projektiran je i cementni ili hidraulično vezani donji nosivi sloj.

Dimenzioniranje se radi za sve prometne trakove prema najopterećenijem, s tim da se za lako prometno opterećenje uzima u proračun minimalno 1 milijun standardnih osovina.

Kao završni slojevi se koriste: zbijeni asfaltbeton DBM50 ili DBM125 (Dense Bitumen Macadam) ili teški asfaltbeton HDM50 (Heavy Duty Macadam), splitmastikasfalt SMA, samo kao vezni sloj vruće valjani asfalt HRA50 (Hot Rolled Asphalt), gornji nosivi sloj (tampon) velikog modula EME2 (Enrobe a Module Eleve Class 2), hidraulično vezani materijali HBM (Hydraulically bound materials) koji uključuju (cementom vezani granulacijski materijal CBGM (Cement Bound Granular Material)), pepelom vezani materijali FABM (Fly Ash Bound Material), šljakom vezani materijali SBM (Slag Bound Material).

Za projektno razdoblje se obično uzima 40 godina, dok se za slabije opterećene ceste može uzeti 20 godina.

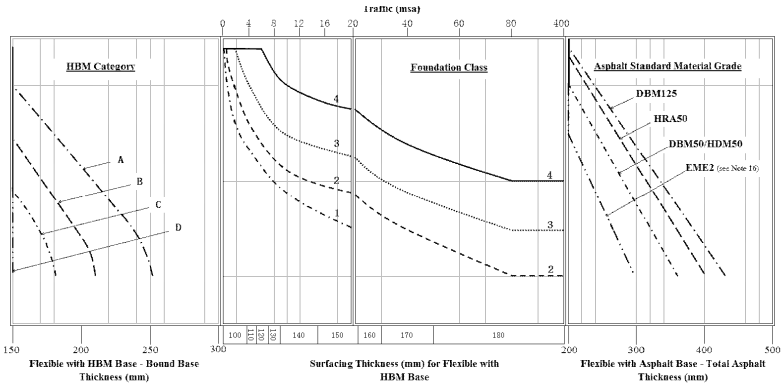


Figure 2.1 Design Thickness for Flexible Pavements

Examples of Hydraulic Bound Base Materials

HBM Category	A	B	C	D
Crushed Rock Coarse Aggregate: (with coefficient of thermal expansion $<10\times10^{-6}$ per ^{o}C)	-	CBGM B – C8/10 (or T3) SBM B1 – C9/12 (or T3) FABM1 – C9/12 (or T3)	CBGM B – C12/15 (or T4) SBM B1 – C12/16 (or T4) FABM1 – C12/16 (or T4)	CBGM B – C16/20 (or T5) SBM B1 – C15/20 (or T5) FABM1 – C15/20 (or T5)
Gravel Coarse Aggregate: (with coefficient of thermal expansion $\geq10\times10^{-6}$ per ^{o}C)	CBGM B – C8/10 (or T3) SBM B1 – C9/12 (or T3) FABM1 – C9/12 (or T3)	CBGM B – C12/15 (or T4) SBM B1 – C12/16 (or T4) FABM1 – C12/16 (or T4)	CBGM B – C16/20 (or T5) SBM B1 – C15/20 (or T5) FABM1 – C15/20 (or T5)	-

Slika 16. *Dimenzioniranje debljine slojeva za savitljive kolnike [11]*

Za određivanje debljine slojeva koriste se nomogrami na slici 16 (Figure 2.1 Flexible Pavements). Na desnoj strani nomograma očitava se ukupna debljina asfaltnih slojeva, a na temelju broja osovina i klase podloge. DBM50 je najmekši i zahtijeva najveću debljinu, dok je na kraju EME2 najčvršći i zahtijeva najmanju debljinu. Lijeva strana nomograma daje debljinu hidraulično stabiliziranog sloja HBM (hydraulically bound mixtures) za datu čvrstoću (klase A, B, C i D), te debljinu sloja asfalta u središnjem dijelu nomograma.
Minimalna debljina asfaltnih slojeva je 200 mm, a hidraulično stabiliziranog sloja HBM 150 mm. Debljina asfalta je data izrazom:

$$H= -16.05 \times (\text{Log}(N))^2 + 101 \times \text{Log}(N) + 45.8$$ (N – projektirano opterećenje do 400 msa

3. ANALIZA DEBLJINE SLOJEVA KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

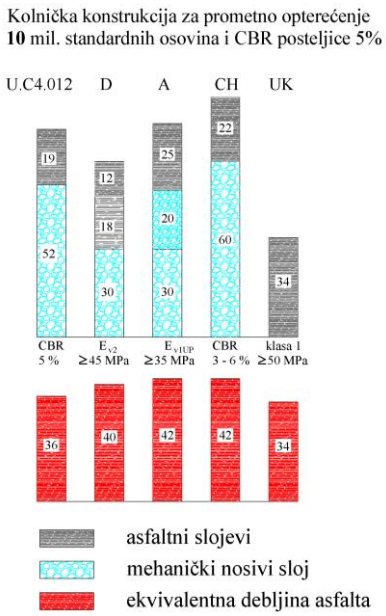
Na kraju pregleda metoda analizirane su debljine pojedinih slojeva za približno jednaku posteljicu i jednako prometno opterećenje 1 milijun i 10 milijuna standardnih osovina te sedobiju zanimljivi rezultati.
Ako se dimenzionira za prometno opterećenje 1 milijun (slika 17) i 10 milijuna standardnih osovina 82 kN (slika 18), za CBR posteljice 5 %, uz prilagodbu ostalim standardima i izrazi u ekvivalentnoj asfaltnoj debljini, dobit će se bolji uvid o debljini kolničkih konstrukcija (slika 17 i slika 18).
Metoda dimenzioniranja U.C4.012: Kolnička konstrukcija bi se za opterećenje 1 milijun osovina sastojala od 42 cm mehaničkog nosivog sloja i 12 cm asfaltnih slojeva. Za 10 milijuna osovina slojevi bi bili debljine 52 cm mehanički nosivi sloj i 19 cm asfaltni slojevi.
Njemački standardi: Za standardnu osovinu uzima se osovina 100 kN. 1 milijun osovina od 82 kN prevedeno na njemačku standardnu osovinu 100 kN iznosi oko 0,9 milijuna osovina ($\log N_{80} = \sqrt{P/P_{80}} \cdot \log N_{100}$), što ga svrstava u III klasu opterećenja ($\geq 0,8-3$). Posteljica mora imati vrijednost minimalno $E_{v2} \geq 45 MN/m^2$. Time dobijemo kolničku konstrukciju mehaničkog nosivog sloja 22 cm, nosivog asfaltnog sloja 14 cm , veznog i habajućeg 8 cm. Za 10 milijuna osovina 80 kN (oko 9 milijuna od 100 kN) bi to bila klasa opterećenja II i kolnička konstrukcija bi se sastojala od mehaničkog nosivog sloja 30 cm, nosivog asfaltnog sloja 18 cm , veznog i habajućeg 12 cm.
Austrijski standardi: Opterećenje 1 milijun osovina bi bilo III klase (0,4 – 1,3 mil.) i klase S (10 – 25 mil.) za 10 milijuna osovina. Posteljica treba imati $E_{v1UP} \geq 35 MN/m^2$, što za 1 milijun osovina daje kolničku konstrukciju donjeg mehaničkog nosivog sloja 30 cm, goronjeg mehaničkog nosivog sloja 20 cm i asfaltnih slojeva 19 cm. Za opterećenje 10 milijuna potrebno je donjeg mehaničkog nosivog sloja 30 cm, gornjeg mehaničkog nosivog sloja 20 cm i asfaltnih slojeva 25 cm.
Švicarski standardi: Standardi daju dnevno ekvivalentno prometno opterećenje T. Kada bi 1 milijun osovina u projektnom razdoblju 20 godina sveli na dnevno (137 dnevno) spadalo bi u grupu T3 (srednje opterećenje 100 – 300 TF), dok bi 10 milijuna osovina (1370) spadalo u T5 (vrlo teško prometno opterećenje 1000 – 3000 TF). Posteljica je klase S1 (CBR 3 – 6 %) i kolnička konstrukcija se sastoji od mehaničkog nosivog

sloja 55 cm i asfaltnih slojeva 13 cm za opterećenje T3 i od mehaničkog nosivog sloja 60 cm i asfaltnih slojeva 22 cm za opterećenje T5.

Britanski standardi: Prema UK metodi za konstrukciju klase 1 dobije se debljina asfaltnih slojeva HRA 50 23 cm za 1 milijun osovina i 34 cm za 10 milijuna osovina.
Sve dobivene kolničke konstrukcije (slika 17 i slika 18) su svedene na ekvivalentnu debljinu u asfaltu (preko koeficijenata zamjene) kako bi se dobile okvirne debljine za komparaciju.



Slika 17. *Kolnička konstrukcije za ukupno opterećenje **1 mil.** standardnih osovina 82 kN i ekvivalentna debljina u asfaltu*



Slika 18. *Kolnička konstrukcije za ukupno opterećenje **10 mil.** standardnih osovina 82 kN i ekvivalentna debljina u asfaltu*

Ono što se može vidjeti na osnovu ekvivalentne debljine asfalta (približne) za **1 milijun osovina** (slika 17) je to da U.C4.012 (26 cm) daje veće vrijednosti od britanskih (23 cm), a manje od njemačkih (29 cm), austrijskih (36 cm) i švicarskih (31 cm). Veće vrijednosti u austijskim i njemačkim standardima su zbog uračunatih većih rizika da će konstrukcija izdržati projektno razdoblje. Za opterećenje **10 milijuna osovina** (slika 18), situacija se ponešto mijenja. Najveću promjenu u debljini imaju britanski standardi 48 % (s 23 na 34 cm), slijedi U.C4.012 38 % (s 26 na 36 cm) i njemački 38% (s 29 na 40 cm). Dosta manje promjene daju

austrijski, samo 17 % (s 36 na 42 cm). Kao što je već rečeno, razlike su rezultat različitih proračunskih postavki metoda, različiti modeli, strategije (vijek konstrukcije), lokalni uvjeti, materijali, itd.

4. ZAKLJUČAK

Savitljive kolničke konstrukcije prevladavaju u većini europskih država, pa tako čine preko 90 %. Iznimke su Francuska i Njemačka s dosta manjim udjelom savitljivih kolnika. Svaka država u projektiranju ima posebnosti proizišle iz različitog pristupa, bilo da je zasnovan na praksi ili teoretskim postavkama:

- **Prometne osobitosti:** Iako svaka metoda proračun prometnog opterećenja svodi na standardnu osovinu, prisutne su određene razlike. Prije svega se to odnosi na definiranje vozila koja se uzimaju u obzir (komercijalna vozila). U nekim državama je granica 35 kN, drugim 30 kN ili 15 kN, dok ostale ne definiraju minimalnu težinu. Druga razlika je u standardnoj osovini, Švicarska i Velika Britanija za standardnu osovinu uzimaju 80 kN, U.C4.012 daje 82 kN, Austrija i Njemačka 100 kN.
- **Projektno razdoblje:** U većini država projektno razdoblje je 20 godina (UK ima 40 godina), no razlike su u strategiji. Mnoge države rade na principu da se jačanjem kolnika nakon projektnog razdoblja produlji vijek trajanja još 20 godina.
- **Karakteristike slojeva kolničke konstrukcije:** Razlike u pojedinim metodama su ponajveće u definiranju posteljice, kao i u odabiru slojeva.
- **Metode dimenzioniranja:** Iako su osnovne postavke jednake (višeslojni elastični sustav), postoje razlike u pristupu, bilo da dominira teoretski ili praktični, kao i lokalni uvjeti i strategije.

Kao rezultat svih navedenih osobitosti pojedinih metoda, dobiju se **različite debljine kolničkih konstrukcija** za jednako prometno opterećenje.

Uspoređujući metodu dimenzioniranja U.C4.012 s analiziranim metodama možemo uvidjeti razlike, možda i neke nedostatke prema ostalim:

1. Temelji dimenzioniranja (AASHTO ROAD TEST) su postavljeni kad je vozni park bio potpuno drukčiji, a time i osovinska opterećenja. Metoda U.C4.012 daje jednostruku standardnu osovinu 82 kN (dvostruka se preračunava na jednostruku, a trostruka nema proračuna, dok npr. švicarski pravilnik daje i za trostruku), dok je tendencija povećanja težine standardne osovine (Austrija i Njemačka 100 kN, Francuska čak 130 kN). U posljednje vrijeme se izdaju preporuke za projektiranje s većim standardnim osovinama, što bi trebalo uvrstiti i u pravilnike.
2. RStO i RVS metode, za razliku od U.C4.012, u proračunu broja standardnih osovina uzimaju širinu voznog traka, što također ima utjecaja.
3. RStO metoda u proračunu broja standardnih osovina uzima uzdužni nagib, što se u U.C4.012 ne uzima. Ovaj faktor nije zanemariv s obzirom na veće opterećenje i kočenje, za veće nagibe razlike su i preko 25 %. Zbog zanemarivanja ovog utjecaja dionice cesta na većim nagibima su dosta lošijeg stanja.
4. Projektno razdoblje nije strogo definirano, a možda bi bilo dobro da se definira jasna strategija.
5. Većina zemalja teži standardizaciji uvodeći kataloge konstrukcija. Katalozi pojednostavljuju upotrebu s jedne strane, a s druge vode standardizaciji cestovne mreže.

LITERATURA

[1] Babić, B., Projektiranje kolničkih konstrukcija, Sveučilište u Zagrebu i HDGI, Zagreb 1997.
[2] COST 333: Development of New Bituminous Pavement Design Method, Final Report of the Action, European Commission, Directorate General Transport, Brussels, 1999.
[3] U.C4.010 Projektiranje i gradenje cesta. Određivanje ukupnog ekvivalentnog prometnog opterećenja za dimenzioniranje asfaltnih kolničkih konstrukcija, 1981.
[4] U.C4.012 Projektiranje i gradenje cesta. Dimenzioniranje novih asfaltnih kolničkih konstrukcija, 1981.
[5] Richtlinien fuer die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrflaechen. RStO 86, Ausgabe 1986. Ergaenzte Fassung 1989. und 1996.
[6] Velske, Mentlein, Eymann, Strassenbau technik, Werner, Duesseldorf 2002.
[7] RVS 3.63 Strassenplanung, Bautechnische Details, Oberbau, Wien 1998.
[8] RVS 8S.05.11Oberbauarbeiten (ohne Deckenarbeiten), Tragschichten, ungebundene Tragschichten, Wien 1997.
[9] SN 640 320 Dimensionierung, Äquivalente Verkehrslast, Zürich 2000.
[10] SN 640 324 Dimensionierung; Strassenoberbau (VSS), Zürich 1997.
[11] Design Manual for Roads and Bridges, hd 24/06; hd 26/06, London 2006.
[12] ELLPAG PHASE 1, A Guide to the Use of Long-Life Fully-Flexible Pavements, FEHRL, Brussels, 2004.
[13] Branko Mazić, Asfaltne kolovozne konstrukcije, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2007.
[14] Aleksandar Cvetanović, Borivoje Banić, Kolovozne konstrukcije, Akademska misao, Beograd *2007.*
[15] Smjernicama za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Sarajevo/Banja Luka 2005.

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE STABILNOSTI POTPORNIH ZIDOVA OD PREFABRIKOVANIH BETONBLOK ELEMENATA

Nebojša Davidović[1], Zoran Bonić[2], Verka Prolović[3], Nikola Romić[4], Nikola Davidović[5]
[1] *Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, dnebojsa@gaf.ni.ac.rs*
[2] *Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, zokibon@yahoo.com*
[3] *Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, vprolovic@yahoo.com*
[4] *Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, romicnikola@yahoo.com*
[5] *Sika doo Srbija, Zemun - Beograd, nikola.davidovic.david@gmail.com*

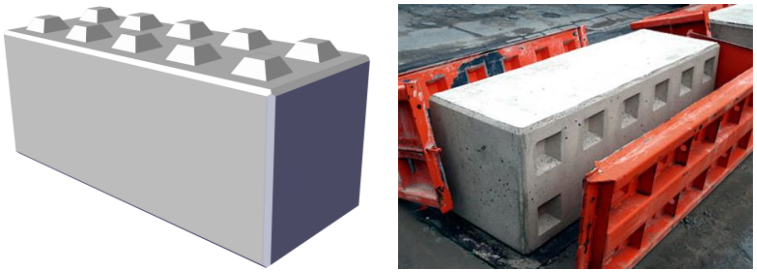
Rezime: *U savremenoj građevinskoj praksi se pored klasičnih krutih potpornih zidova sve češće koriste fleksibilne potporne konstrukcije od mehanički stabilizovane zemlje, gabiona i prefabrikovanih elemenata. Iako su u široj upotrebi tek u novije vreme, njihove prednosti su dokazane i široko prihvaćene. U prvom delu rada dat je prikaz mogućih načina korišćenja prefabrikovanih betonblok elemenata pri izradi potpornih zidova. U drugom delu rada dat je detaljan prikaz sprovedenih eksperimentalnih ispitivanja stabilnosti potpornih zidova od prefabrikovanih betonblok elemenata. Posebno su obrađeni postupci za dejstvo statičkog i dinamičkog opterećenja na zid. Analizirani su dobijeni rezultati i date preporuke za sledeće korake u istraživanju.*
Ključne reči: *potporni zid, betonblok element, eksperimentalna ispitivanja, stabilnost, deformacije.*

1. UVOD

Potporne konstrukcije su trajni ili privremeni, masivni ili raščlanjeni građevinski objekti čiji je osnovni zadatak da podupiru ili sprečavaju od urušavanja strme zaseke terena kao i materijal u nasipu. One omogućavaju naglu promenu nivoa terena u cilju dobijanja slobodnog prostora za izvođenje temeljnih jama, obezbeđivanja useka, zaseka i nasipa kod saobraćajnica, obalnih stubova mostova, kejskih zidova i zidova pristaništa, prevodnica, skladišta, itd. U tu svrhu se osim klasičnih krutih zidova (od kamena, betona i armiranog betona) i fleksibilnih potpornih konstrukcija (priboji, dijafragme, geotehnička sidra, zidovi od šipova), danas sve češće koriste i savremene konstrukcije od armirane zemlje, gabiona i prefabrikovanih elemenata.

2. ZIDOVI OD PREFABRIKOVANIH BETONBLOK ELEMENATA

Česta je pojava klizišta i odrona tla uz saobraćajnice posle zimskih meseci kada dolazi do otapanja snega i odmrzavanja tla. Ovo za posledicu ima povećanje sadržine vode u tlu i posledično povećanje težine tla, smanjenje kohezije i formiranje kliznih površi. Najčešći uzrok ovih pojava je neadekvatno odvodnjavanje površinskih voda iznad i ispod saobraćajnice. Rezultat ovakvih procesa je zatrpavanje ili otkidanje delova saobraćajnice, odnosno onemogućavanje njene osnovne funkcije. U takvim uslovima vrlo je važno izabrati takve mere sanacije koje bi na brz, efikasan i pouzdan način, uz nisku cenu koštanja, vratile saobraćajnicu u funkcionalno stanje. Potporne konstrukcije koje u najvećoj meri ispunjavaju navedene zahteve su upravo zidovi od armirane zemlje, gabiona i prefabrikovanih elemenata. Potporni zidovi od prefabrikovanih elemenata predstavljaju jeftino, jednostavno i vizuelno atraktivno rešenje. Rade se po principu suve gradnje, najčešće bez upotrebe svežeg betona i izrade temelja pri izgradnji zida. Značajno smanjuju vreme i cenu izgradnje, omogućavaju jednostavnu izgradnju u svim vremenskim uslovima, što su bitni faktori pri izboru tipa potporne konstrukcije.
Osnovna jedinica zidova od prefabrikovanih betonblok elemenata je betonski blok čije dimenzije mogu značajno varirati. Preduzeće "Putinženjering" iz Niša izrađuje blokove dimenzija 150 x 60 x 60 cm (Slika 1).



Slika 1. *Osnovna jedinica zidova od prefabrikovanih betonblok elemenata*

[1] Nebojša Davidović: dnebojsa@gaf.ni.ac.rs
[2] Zoran Bonić: zokibon@yahoo.com
[3] Verka Prolović: vprolovic@yahoo.com
[4]Nikola Romić: romicnikola@yahoo.com
[5] Nikola Davidović: nikola.davidovic.david@gmail.com

Obzirom da se blokovi ređaju kao “Lego” kockice, mogućnosti upotrebe blokova su vrlo široke: osim za potporne zidove koriste se i za pregradne zidove u skladištima i za izradu različitih privremenih objekata: hala, ograda, prepreka za blokadu i usmeravanje saobraćaja, odbranu od poplava, itd. Neke od brojnih mogućnosti primene betonblok elemenata prikazane su na Slici 2.



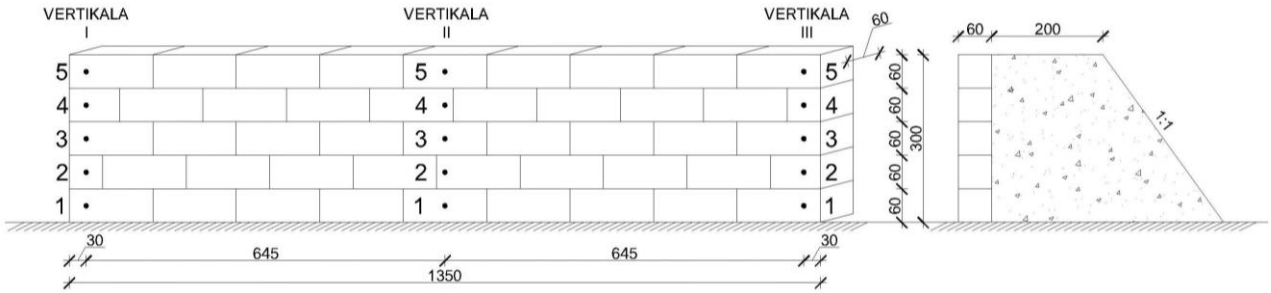
Slika 2. *Različiti načini korišćenja prefabrikovanih betonblok elemenata*

3. SPROVEDENA EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Radi sagledavanja mogućnosti korišćenja betonblok elemenata pri izgradnji potpornih zidova, Laboratorija za geotehniku Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu je sprovela eksperimentalna ispitivanja u okviru proizvodnog pogona „Putinženjering“ a.d. u Nišu. Cilj eksperimenta je provera ponašanja potpornog zida od prefabrikovanih betonblok elemenata pri dejstvu statičkih i dinamičkih uticaja.

3.1. Ispitivanje potpornog zida od prefabrikovanih betonblok elemenata na statičke uticaje

Eksperiment je imao za cilj da reprodukuje realnu situaciju na terenu kada treba uraditi gravitacioni potporni zid, a prostor iza njega nasuti krupnozrnim materijalom, što je čest zahtev kada su u pitanju potporni zidovi uz saobraćajnice.Na betonskoj podlozi izrađen je model zida od prefabrikovanih betonblok elemenata *in situ* u razmeri 1:1, dužine 15.00 m i visine 2.40 m, odnosno 4 reda blokova. Prostor iza zida zasipan je krupnozrnim drobljenim agregatom frakcije 0/32 mm. Najpre je materijal nasipan do visine 0.90 m, nakon čega je urađeno prvo merenje horizontalnih pomeranja tačaka na zidu, prema Slici 3. Horizontalna pomeranja karakterističnih tačaka zida registrovana su geodetskim instrumentom - totalnom stanicom SOKKIA Set 630R [1].



Slika 3. *Merne tačke na eksperimentalnom modelu*

Nakon toga je nastavljeno sa nasipanjem prostora iza zida do visine krune zida, odnosno do visine 2.40 m i registrovana su nova horizontalna pomeranja istih tačaka na zidu. Obzirom da su registrovana mala pomeranja zida, postavljen je još jedan red betonblok elemenata, odnosno postignuta visina zida od 3.00 m (Slika 4 desno).

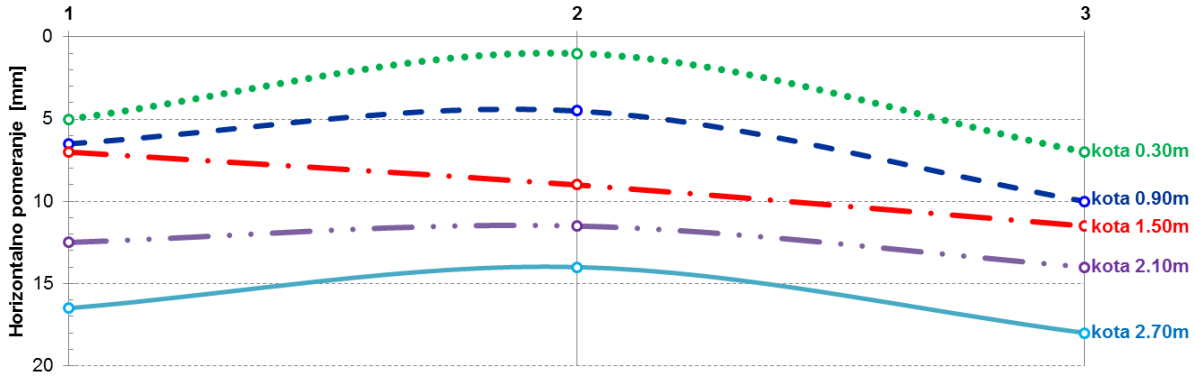


Slika 4. *Pojedine faze eksperimenta (ispitivanje potpornog zida na statičke uticaje)*

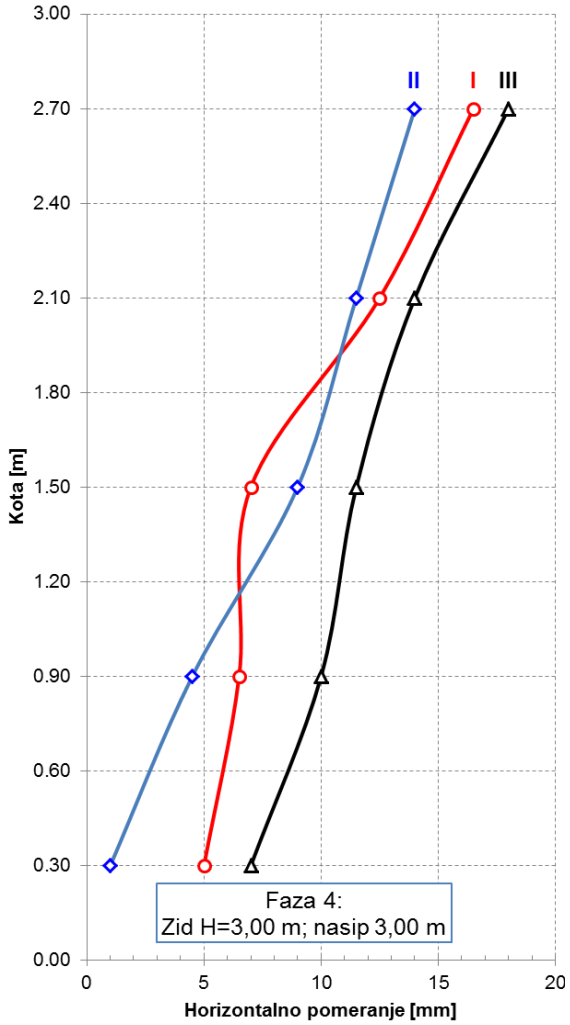
Opet je prostor iza zida nasut materijalom do krune zida i izmerena nova horizontalna pomeranja. Pregled izmerenih horizontalnih pomeranja karakterističnih tačaka zida dat je u Tabeli 1, a njihov grafički prikaz na Slikama 5 i 6. Na Slici 5 dat je prikaz izmerenih horizontalnih pomeranja karakterističnih tačaka za sve 3 vertikale. Sa Slike 5 se može videti da je razlika između najvećeg i najmanjeg horizontalnog pomeranja tačaka na istoj koti očekivano mala i da ostaje približno konstantna sa visinom zida. Na Slici 6 prikazane su linije horizontalnih pomeranja tačaka zida na visinama 0.30 m, 0.90 m i 1.50 m. Može se uočiti da su linije horizontalnih pomeranja tačaka zida približno paralelne, što znači da horizontalno pomeranje zida ravnomerno raste sa visinom zida.

Tabela 1. *Registrovana horizontalna pomeranja zida*

Vertikala	Oznaka merne tačke	Visina merne tačke [m]	Horizontalno pomeranje [mm]
I	1	0.30	5.0
	2	0.90	6.5
	3	1.50	7.0
	4	2.10	12.5
	5	2.70	16.5
II	1	0.30	1.0
	2	0.90	4.5
	3	1.50	9.0
	4	2.10	11.5
	5	2.70	14.0
III	1	0.30	7.0
	2	0.90	10.0
	3	1.50	11.5
	4	2.10	14.0
	5	2.70	18.0



Slika 5. *Linije horizontalnih pomeranja tačaka zida na različitim visinama*



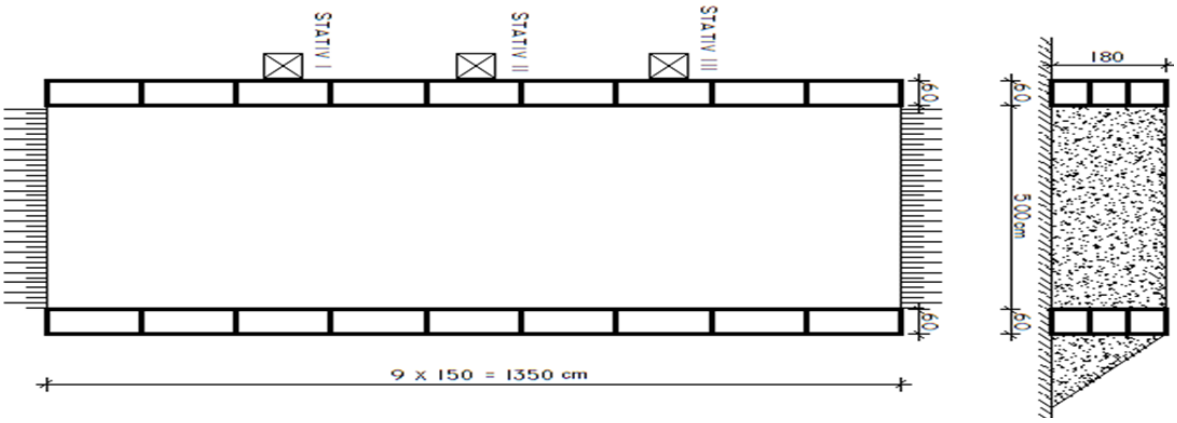
Slika 6. *Registrovana horizontalna pomeranja zida na svim mernim mestima*

3.1. Ispitivanje zida na dinamičke uticaje

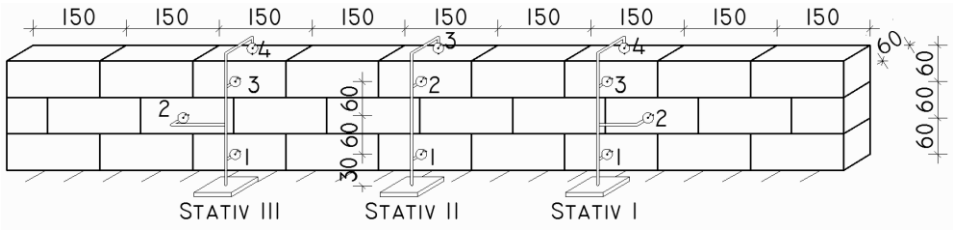
Prema programu eksperimentalnog ispitivanja izrađen je model *in situ* u razmeri 1:1, koji se sastoji od dva paralelna zida od prefabrikovanih betonblok elemenata, dužine po 13.50 m, na međusobnom rastojanju 5.00 m (Slika 7). Dužina eksperimentalnog polja od 13.50 m (9 betonblokova × 1.50 m) definisana je tako da se postignu zadovoljavajući granični uslovi, a rastojanje od 5.00 m između zidova tako da odgovara standardnoj širini saobraćajnica kod nas. Zidovi su izrađeni na podlozi od zbijenog krupnozrnog materijala.
Sa spoljašnje strane desnog zida (Slika 8) izveden je nasip, tako da pomeranje ovog zida tokom eksperimenta nije mereno. Horizontalna i vertikalna pomeranja levog zida su registrovana pomoću komparatera, koji su postavljeni na stative, a prema šemi prikazanoj na Slici 9 [2].



Slika 7. *Pojedine faze eksperimenta (ispitivanje potpornog zida na dinamčke uticaje)*



Slika 8. *Osnova i presek eksperimentalnog modela*



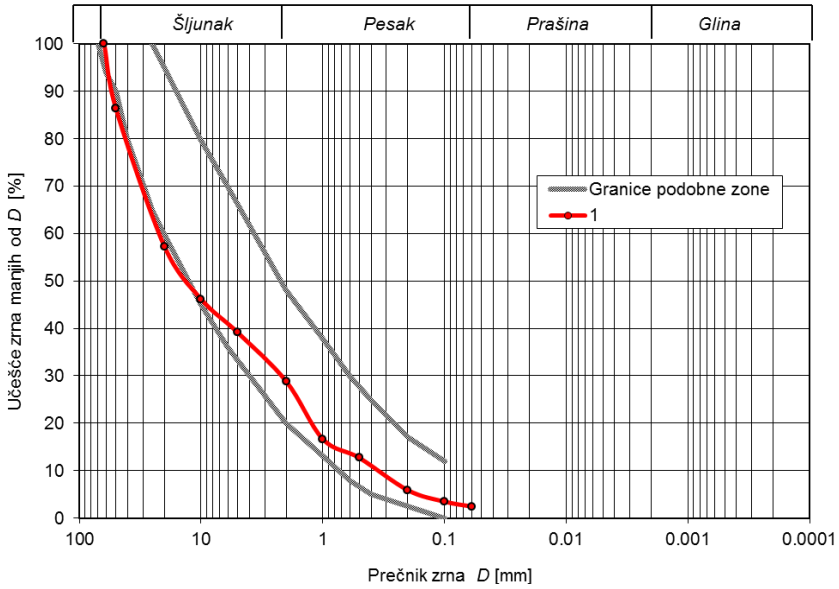
Slika 9. *Raspored mernih mesta*

Između zidova je nasipan krupnozrni drobljeni agregat frakcije 0/63 mm u slojevima od po 30 cm i zbijan vibro valjkom i vibro pločom. Rezultati dobijeni pri ispitivanju zbijenosti slojeva nasipa prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. *Registrovana zbijenost slojeva*

Redni broj	Naziv sloja	Kota [m]	Modul stišljivosti Ms [MPa]	
			Zahtevano	Izmereno
1	I sloj nasipa	0.30	40.0	80.0
2	II sloj nasipa	0.60		52.2
3	III sloj nasipa	0.90		63.2
4	IV sloj nasipa	1.20		70.6
5	V sloj nasipa	1.50		40.0

Granulometrijski sastav ugrađivanog agregata prikazan je na Slici 10.



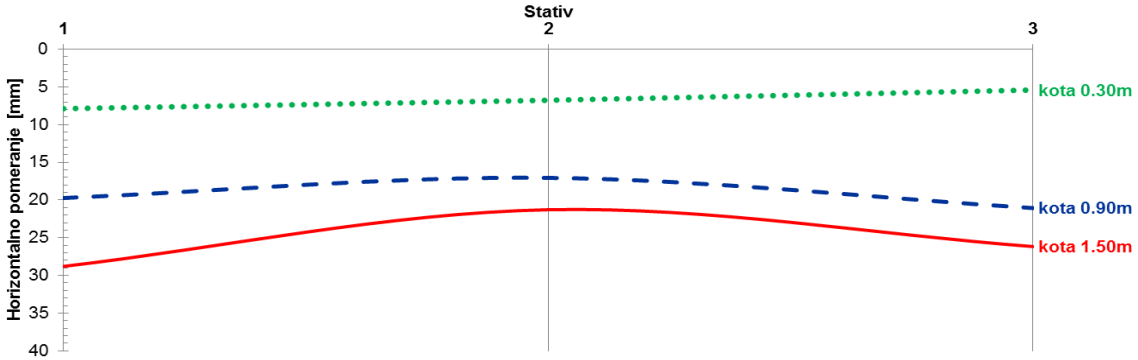
Slika 10. *Dijagram granulometrijskog sastava korišćenog agregata*

Tokom eksperimenta praćene su horizontalna i vertikalna pomeranja potpornog zida u karakterističnim tačkama, koje su prikazane na Slici 9. Pregled izmerenih horizontalnih pomeranja dat je u Tabeli 3, dok su vertikalna pomeranja bila zanemarljiva.

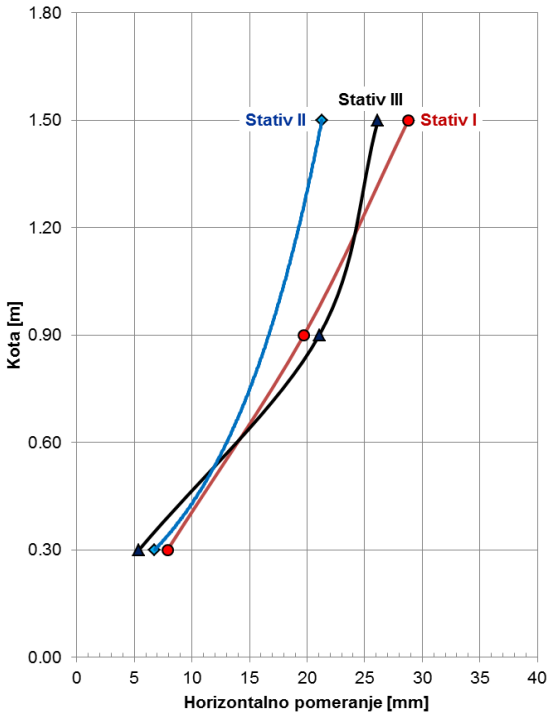
Tabela 3. *Registrovana horizontalna pomeranja zida*

Stativ	Komparater	Visina komparatera [m]	Horizontalno pomeranje [mm]
I	1	0.30	7.87
	2	0.90	19.12
	3	1.50	28.79
II	1	0.30	6.76
	2	1.50	21.28
III	1	0.30	5.40
	2	0.90	21.06
	3	1.50	26.16

Na Slici 11 dat je prikaz izmerenih horizontalnih pomeranja karakterističnih tačaka za sva 3 stativa, odakle se može videti da razlika između najvećeg i najmanjeg horizontalnog pomeranja tačaka na istoj koti očekivano raste s visinom (na koti 0.30 m ova razlika iznosi 2.5 mm, na koti 0.90 m se povećala na 4 mm, a na koti 1.50 m je 7 mm). Na Slici 12 prikazane su linije horizontalnih pomeranja tačaka zida na visinama 0.30 m, 0.90 m i 1.50 m. Može se uočiti da su linije horizontalnih pomeranja tačaka zida približno paralelne, što znači da horizontalno pomeranje zida ravnomerno raste sa visinom zida.



Slika 11. *Linije horizontalnih pomeranja tačaka zida na različitim visinama*



Slika 12. *Registrovana horizontalna pomeranja zida na svim mernim mestima*

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja potpornih zidova od betonblok prefabrikovanih elemenata na dinamička dejstva pokazuju da i u najnepovoljnijim uslovima (kada se materijal iza zida razastire u slojevima debljine 30 cm i zbija mašinama koje imaju jako vibracijsko dejstvo), potporni zid je stabilan do visine 3 reda elemenata (180 cm).
Pokazano je da ukoliko se ovakvi zidovi koriste kao pregradni ili potporni, u uslovima kada se materijal iza zida ne zbija (u statičkim uslovima), mogu se izvoditi i sa većom visinom. Eksperimentalno je dokazano da je potporni zid visine 3.00 m (6 redova blokova) u potpunosti stabilan sa malim horizontalnim pomeranjima. Ostvarena horizontalna pomeranja su dovoljna da relaksiraju pritiske sa zadnje strane zida od pritisaka tla u miru ka pritiscima u aktivnom stanju. Samim tim ne treba očekivati ni dodatna pomeranja zida ako se ne promene uslovi opterećivanja zida. Dinamički uticaji od saobraćaja i pri ovom delu eksperimenta uspešno su uključeni kretanjem utovarivača ispred i iza zida. Stabilnost zidova većih visina treba proveriti računski, ali takođe i eksperimentalno na odgovarajućem modelu.
Betonblok potporni zidovi su posebno pogodni za primenu u putogradnji kada se vrlo brzo, efikasno, pouzdano i finansijski povoljno mogu rešavati geotehnički problemi problemi koji na neki način remete funkcije saobraćajnica.
Na kraju treba napomenuti da je za izvođenje potpornih zidova od betonblok elemenata neophodno da podloga bude dobro pripremljena u pogledu ravnosti i zbijenosti (ili izbetonirana), kako bi se onemogućila njihova neravnomerna sleganja, kako u poprečnom tako i u podužnom pravcu.

Zahvala

Rad je rezultat istraživanja na Projektima TR 36028 i TR 36016 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

[1] Elaborat o eksperimentalnom ispitivanju potpornih zidova od betonblok elemenata – Ispitivanje potpornog zida na statičke uticaje, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Odeljenje za geotehniku, Niš, 2014.
[2] Elaborat o eksperimentalnom ispitivanju potpornih zidova od betonblok elemenata – Ispitivanje potpornog zida na dinamičke uticaje, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Odeljenje za geotehniku, Niš, 2012.
[3] http://www.betonblockusa.com/ (20.03.2014.)
[4] Prolović V., Samardaković M., Bonić Z., Davidović N. 2008. *Osnovi Mehanike tla za studijski program Arhitektura*. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu.

PROJEKAT AUTOPUTA E-80 NIŠ – DIMITROVGRAD

Milosav Rajković
Birčaninova 34,
11000 Beograd
mirajko@sbb.rs

Institut za puteve a.d.
Kumodraška 257
11000 Beograd
trasamr@beotel.net

REZIME

Putni pravac E-80, Niš - Dimitrovgrad (Trupale – Granica sa Bugarskom) ima veliki značaj i bitnu saobraćajnu funkciju u smislu najkraće veze zapadne i centralne Evrope sa Bliskim i Srednjim Istokom. Nalazi se u mreži transevropskih puteva (TEM) na evropskom koridoru **X^{c}**. U putnoj mreži Republike Srbije po staroj klasifikaciji, je magistralni put označen kao M-1.12, (po novoj klasifikaciji je državni put IA reda broj 5).

Projektom (Generalnim, Idejnim, Glavnim) sa pratećim studijama je izvršeno utvrđivanje činjenica kojima se definišu potrebe za gradnjom ovog putnog pravca, kao i određivanje niza parametara od ključne važnosti za optimizaciju procesa gradnje, eksploatacije, upravljanja i održavanja budućeg puta.

Cilj ovog rada je prikaz osnovnih elementa projekta kao što su: osnove za projektovanje (saobraćaj, klima, geologija, infrastrukturni objekti, zone zaštite itd), funkcionalne i tehničke karakteristike primenjenih rešenja (granični elementi plana i profila, normalni profil), karakteristična projektna rešenja (putni objekti, kolovozna konstrukcija, odvodnjavanje, zaštita životne sredine, saobraćajna oprema, mostovi i tuneli), raskrsnice, prateći sadržaji (odmorišta, benzinske stanice, baze za održavanje), opšti predračun radova.

Ključne reči: Projekat, Autoput- E-80, Niš-Dimitrovgrad, situacija, podužni profili, poprečni profili.

1. UVOD

Putni pravac E-80, Niš - Dimitrovgrad (Trupale – Prosek – Crvena Reka – Bela Palanka - Pirot – Dimitrovgrad - Granica sa Bugarskom) ima veliki značaj i bitnu saobraćajnu funkciju u smislu najkraće veze zapadne i centralne Evrope sa Bliskim i Srednjim Istokom. Nalazi se u mreži transevropskih puteva (TEM) na evropskom koridoru **X^{c}**. U putnoj mreži Republike Srbije po staroj klasifikaciji, je magistralni put označen kao M-1.12, (po novoj klasifikaciji je državni put IA reda broj 5).
Obzirom na njegov značaj, neprestano su ulagani napori u podizanje kvaliteta, prilagođavanjem stanja rastućim zahtevima domaćeg i inostranog saobraćaja:

- šezdesetih godina su rekonstruisane deonice postojećeg puta od Pirota do granice sa Bugarskom, kao i od Niša preko Sićeva do Crvene reke,
- u toku 1973. godine puštena je u saobraćaj i nova deonica puta od Bele Palanke do Pirota, kojom je zamenjena postojeća, veoma teška trasa, između ova dva grada,
- oko 1990. godine izgrađene su i obilaznice gradova Bela Palanka i Pirot, što je dovelo do novih poboljšanja u odvijanju tranzitnog saobraćaja,
- sledi izgradnja autoputskog profila u zoni graničnog prelaza sa Bugarskom (Gradina),
- od 1990. godine do danas izgrađena je prva deonica autoputa E-80 od petlje "Trupale" preko Komrena do Proseka u dužini od 18 km, kojom je u potpunosti zamenjen postojeći put. Deo puta od petlje "Trupale" do Komrena pušten je u saobraćaj 1992. godine, a u toku 2008. godine puštena je u saobraćaj i deonica od Komrena do Proseka.

Što se tiče projektne dokumentacije, izrada Generalnog projekta autoputa od Proseka do Dimitrovgrada započela 1990. godine. Prethodna Studija opravdanosti je rađena sa stranim partnerom koji je bio zainteresovan za uzimanje koncesije i bila je prilagođena tim potrebama. Generalni projekat je usvojen 2000. godine, a republička Reviziona komisija za stručnu kontrolu tehničke dokumentacije za objekte od značaja za Republiku, dala je pozitivno mišljenje i preporučila dalje faze projektovanja, usvojivši pri tome jednu od varijanti kao optimalnu - „Dolinska varijanta" Idejni projekat, kao naredna faza projektovanja započet je 2002. godine i završen u toku 2006. godine. Od 2006.god. do 2012. god. rađen ja Glavni projekat u kombinaciji sa izradom Idejnog projekta na delu Dolinska Varijanta.

Od vremena kada je usvojena Prethodna Studija opravdanosti do danas, desilo se mnogo promena koje su imale velikog uticaja na saobraćajna zbivanja. Ipak, nakon svih sankcija i ratnih zbivanja na teritoriji naše zemlje početkom novog milenijuma počinje smirivanje situacije, što se odmah odražava na stabilnije saobraćajne tokove.

U periodu izrade Idejnog projekta, došlo je do značajnih promena u izboru varijante trase koja je usvojena po Generalnom projektu, tako da nije postojao dokument Prethodne Studije opravdanosti koji bi to obradio. Rešenje je nađeno u izradi novelacije Prethodne Studije opravdanosti koja je usvojena 2002. godine.
Ovom novelacijom obuhvaćene su promene trase od Bele Palanke do Pirota („Brdska varijanta") a takođe i u zoni Dimitrovgrada ("Obilazak Dimitrovgrada"), kao i pomeranje početka planskog perioda eksploatacije,. Novelirana Prethodna Studija opravdanosti je usvojena od strane republičke Revizione komisije.

Novom novelacijom izvršenom 2006.god. obuhvaćene promene trase od Bele Palanke do Pirota („Brdska varijanta") iz 2002.god. su poništene i trasa je vraćena na pravac Bela Palanka-Staničenje-Pirot(Zapad), nazvana („Dolinska varijanta"), a koja je prema Generalnom projektu, preporučena od strane republičke Revizione komisije.

Kao sastavni deo obavezne planske dokumentacije urađen je i Prostorni plan područja infrastrukturnog koridora Niš - granica Bugarske, kao dugoročni planski dokument kojim se razrađuje Prostorni plan Republike Srbije, utvrđuju planska rešenja, smernice i pravila za korišćenje, organizaciju, uređenje i zaštitu prostora, kao i izgradnju, rekonstrukciju i funkcionisanje magistralnih i regionalnih infrastrukturnih sistema na području Plana.

Plan je rađen na osnovu Odluke o izradi Prostornog plana područja infrastrukturnog koridora Niš - granica Bugarske, koju je donela Vlada Republike Srbije na sednici od 19. juna 2000. godine *("Sl. glasnik RS", br. 22/2000)*, a prema "Programu izrade Prostornog plana područja infrastrukturnog koridora Niš - granica Bugarske".

Planska rešenja Prostornog plana infrastrukturnog koridora urađena su u skladu sa odredbama Zakona o planiranju i izgradnji *("Sl. glasnik RS", br. 47/2003)*, Zakona o Prostornom planu Republike Srbije *("Sl. glasnik RS", br. 13/96)* i Pravilnika o sadržini i izradi planskih dokumenata *("Sl. glasnik RS", br. 60/2003)* i drugih odgovarajućih zakona iz oblasti saobraćaja, vodoprivrede, životne sredine, spomenika kulture i dr.
Prostorni plan je objavljen u "Službenom glasniku RS" br. 83/2003 od 22.08.2003. godine.
Na osnovu novelacije iz 2006,god, izvršena je izmena u dopuna Prostornog plana.
Izmene i dopune Prostornog plana objavljene su u "Službenom glasniku RS" br. 41/2006 od 16.05.2006. godine. Vidi: Uredba - 41/2006 - 1175.

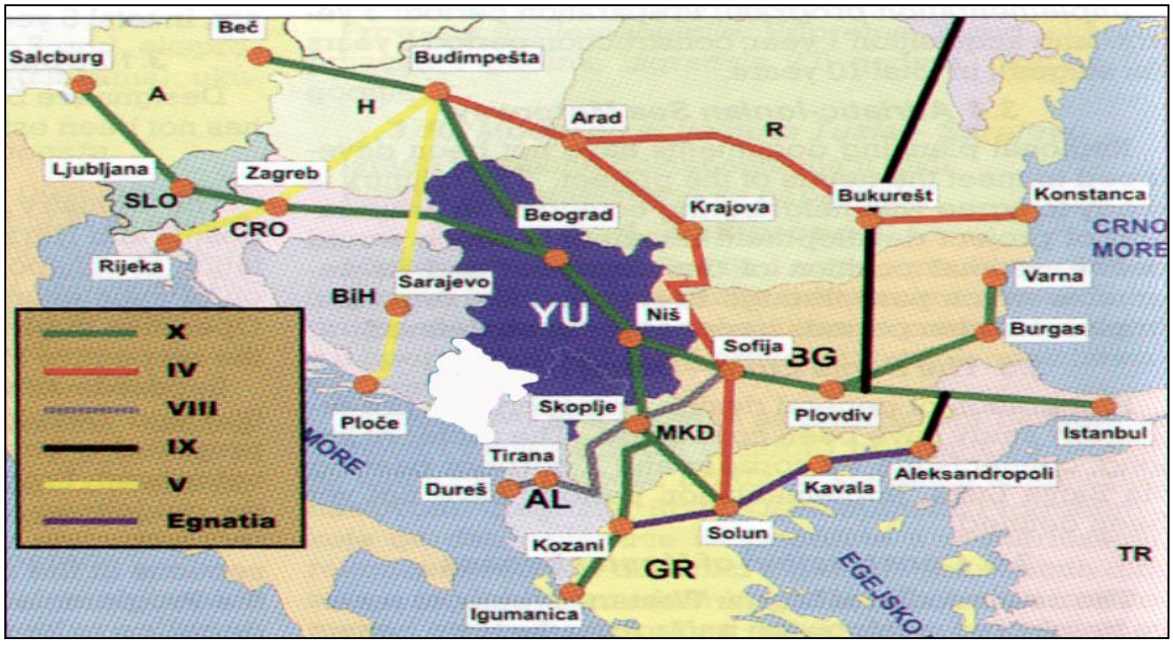
Trasa Autoputa E-80 definisan je po sledećim deonicama:

Br.	DEONICA	STACIONAŽA	FALŠ PROFIL
0.	Trupale- Prosek	km 0+000.00 – km 18+125.17	
1.	Prosek-Bancarevo	km 18+125.17 – km 27+550.00	
2.	Bancarevo-Crvena Reka	km 27+550.00 – km 40+650.00	
3.	Crvena Reka-Čiflik	km 40+650.00 – km 52+727.65	-589.65
4.	Čiflik-Staničenje	km 53+317.25 – km 64+800.00	
5A.	Staničenje-Sarlah (Pirot)	km 64+800.00 – km 73+949.26	-009.76
5B.	Sarlah-Pirot (Istok)	km 73+959.02 – km 81+450.00	
6.	Pirot (Istok)-Sukovo (železnička stanica)	km 81+450.00 – km 87+447.73	
7.	Sukovo (železnička stanica) – Dimitrovgrad	km 87+447.73 – km 95+731.17	
8.	Dimitrovgrad–Granica (Obilazak Dimitrovgrada)	km 95+731.17 – km104+403.74	

- Do sada je izgrađena deonica autoputa E-80 od Trupala do Proseka od km 0+000 do km 18+125.
- Od Proseka (km 18+125) do Crvene Reke (km 40+650) po predloženoj varijanti Prosek-Bancarevo-Crvena Reka napušta Sićevačku klisuru, penje se na relativno visoke kote (495mnv) i tunelom Bancarevo (700m) prolazi ispod vododelnice i spušta se u dolinu Nišave kod naselja Crvena Reka.
- Od Crvene Reke (km 40+650) do Čiflika (km 52+795) trasa, prema projektu na km 41+000, prelazi mostom preko puta M-1.12, magistralne pruge Niš-Sofija i reku Nišavu nastavljjući da se pruža njenom desnom obalom.
- Od Čiflika (km 52+795) do tunela "Sarlah" (km 72+761) trasa autoputa koristi postojeći magistralni put M-1.12 na koju se nadograđuje zaustavna traka kao autoputsku desnu traku.
- Izlaskom iz tunela "Sarlah" (km 73+181), trasa autoputa napušta postojeći put i postavljena je paralelno sa njegove desne strane, do petlje Pirot (Istok) (km81+450).
- Od Pirota(Istok) (km 81+450) do Naplatne rampe, odnosno petlje "Dimitrovgad" (km 95+731) trasa autoputa se kreće levom obalom reke Nišave prateći postojeći put sa njegove leve stran ne koristeći ga kao drugu traku,
- Deonicom autoputa "Obilazak Dimitrovgrada" od km 95+731, čiji je položaj uslovljena GUP-om naselja Dimitrovgrad, trasa se prikljjučuje na izgrađeni deo autoputa koji je obuhvaćen širim prostorom graničnog prelaza Gradina na km 104+404, ne obuhvatajuću rešenje samog prelaza.
- Po posebnom zahtevu naručioca, Idejnim projektom je ispitana varijanta 4. i 5 deonice, pravcem Klenje Ponor - Blato - Barje - Pirot (Istok) od km 50+945 do km 80+089.Označena kao BRDSKA VARIJANTA.

2. ZNAČAJ PUTNOG PRAVCA

Putni pravac E-80, Niš – granica Bugarske ima veoma značajnu saobraćajnu funkciju, kako u mreži magistralnih puteva bivše Jugoslavije i Republike Srbije (M-1.12), tako i u mreži E puteva srednje i jugoistočne Evrope. Funkcionalno predstavlja krak osnovnog magistralnog, transjugoslovenskog puta M-1, koji se pruža u pravcu Bugarske i Turske, odnosno zemalja Bliskog i Srednjeg Istoka, a saobraćajno-strateški se poklapa sa pravcem transevropskog (TEM) puta i krakom "C" Panevropskog multimodalnog koridora "X". Kao sastavni deo optimalne putne veze između evropske i azijske putne mreže ima veliki značaj u komuniciranju Evrope sa Bliskim Istokom preko teritorije Republike Srbije i u povezivanju zemalja zapadno-evropskog i alpskog područja sa zemljama na jugoistoku Evrope i području Azije.



Slika 1. **Plan Panevropske saobraćajne mreže u našem okruženju**

Planom Panevropske saobraćajne mreže utvrđen je multimodalni koridor "X" (Salcburg - Ljubljana - Zagreb - Beograd - Niš - Skoplje - Veles – Solun) sa krakom "C" Niš – Dimitrovgrad – Sofija, koji predstavljaju osnovu formiranja infrastrukturnog koridora Niš – granica Bugarske.

Izgradnja infrastrukturnog koridora Niš – granica Bugarske uticaće podsticajno na bolju saobraćajnu i privrednu povezanost Republike Srbije sa okruženjem, kao i na brži razvoj regiona koji se naslanja na ovaj koridor. Preko ovog koridora i regionalne saobraćajne mreže ostvariće se bolje veze jugoistočne Srbije sa zapadnom, centralnom i južnom Srbijom i timočkim Podunavljem.

Razmatrajući saobraćajne tokove regiona i uzimajući u obzir već izgrađenu autoputnu deonicu Beograd-Niš, koja je deo evropske mreže autoputeva E-75 i osnovne putne mreže Republike Srbije primetna je raspodela domaćeg i inostranog tranzitnog saobraćaja na pravcima ka jugu prema Grčkoj i na istok prema Bugarskoj. Ovo pokazuje da je, imajući u vidu evropsku i mreže puteva Republike Srbije, putni pravac Niš – granica

Bugarske početni deo te, za Evropu veoma značajne veze ka Bliskom i Srednjem Istoku i nema alternativu kako ka severu, tako i jugu preko Grčke.
Preko mreže TEM puteva koji se pružaju teritorijom Republike Srbije, autoput E-80 povezuje se sa:

- zapadnom Evropom preko putnog pravca E-75, Niš-Beograd-Subotica,
- Grčkom, preko putnog pravca E-75, Niš-granica Makedonije,
- srednjom i zapadnom Srbijom preko putnog pravca E-761 u dolini Zapadne Morave,
- sa Kosovom i Crnom Gorom preko autoputa E-80, Niš-Priština-Kosovska Mitrovica-Rožaje,
- sa istočnom Evropom preko putnog pravca E-70, Beograd-Pančevo-gr. Rumunije,
- sa Južnim Jadranom, putnim pravcem E-763, Beograd-Bar.

Funkcija autoputa E-80, Niš – granica Bugarske je prihvatanje planiranih i očekivanih saobraćajnih tokova i podsticanje razvoja područja u zoni uticaja planiranog autoputa.

3. PROSTORNE KARAKTERISTIKE PUTNOG PRAVCA

3.1. Ogranizacija prostora

Jasno je izraženo 5 nivoa centara koji u potencijalnoj mreži naselja predstavljaju:

- makroregionalni centar: Niš,
- regionalni centar: Pirot,
- gradske centre: Bela Palanka i Dimitrovgrad,
- centre zajednice sela (ukupno 5): Gornji Matejevac (grad Niš); Crvena Reka i Čiflik (opština Bela Palanka); Temska i Sukovo (opština Pirot),
- centre dva i više sela (ukupno 13): Jelašnica, Sićevo, Malča, Kamenica, Hum (grad Niš); Glogovac, Dolac, Mokliš te (opština Bela Palanka); Blato, Krupac, Rasnica i Staničenje (opština Pirot); i Željuša (opština Dimitrovgrad).

3.2. Stanovništvo

U analiziranim opštinama niškog regiona značajne su razlike u demografskim karakteristikama. Na osnovu podataka poslednjeg popisa stanovništva zapaža se usporavanje rasta broja stanovnika u opštini Niš, dok se u opštinama Bela Palanka, Pirot i Dimitrovgrad uočava dalji trend opadanja broja stanovnika.

3.3. Privreda

Na području Republike Srbije izražene su regionalne disproporcije i neuravnoteženosti u razvoju. Nasuprot zonama i pojasevima bržeg privrednog razvoja i koncentracije stanovništva, koje obuhvataju oko 30% ukupnog prostora Republike Srbije, nalaze se prostorna područja apsolutno ili relativno privredno ne razvijena. Ovim nerazvijenim zonama skoro u celini pripadaju srednji i visoki delovi Srbije, u koje spada i razmatrani koridor autoputa.

Ukupnim dosadašnjim aktivnostima društveni potencijali su koncentrisani oko centara kao što su: Beograd, Niš, Novi Sad, Priština i dr. formirajući centre razvoja. Na prostornim potezima Zapadno-moravske doline, Južno-moravske doline, Timočke i Podrinjske doline koncentrisani su društveni potencijali u vidu osovina razvoja.

Razvojni potencijali područja i sagledavanje disproporcije razmeštaja stanovništva i demografskih tendencija u odnosu na prirodne potencijale, može se predstaviti upoređivanjem pokazatelja opština razmatranog koridora (Bela Palanka, Pirot i Dimitrovgrad) sa pokazateljima opština Zapadno-moravske osovine razvoja (Kraljevo, Vrnjačka Banja i Čačak). Može se konstatovati da na neznatno većem prostoru Zapadno-

moravskih opština živi dva i po puta više stanovnika i preko četiri puta više zaposlenih koji ostvaruju tri puta veći nacionalni dohodak.

3.4. Topografske karakteristike

Dolina reke Nišave pruža se pravcem severozapad- jugoistok. Smeštena je između Svrljiških planina na desnoj obali i obronaka Suve planine na levoj obali sve do ušća reke Temske nizvodno od Pirota.
Od Pirota do Dimitrovgrada dolina reke Nišave pruža se između Stare planine i Vlaških planina . Najniža kota terena kod Proseka je 220 m, a kod Dimitrovgrada je 485 m. Prosečan pad korita Nišave je 0.33%.
Područje od Niša (Trupale) do Dimitrovgrada može se podeliti u nekoliko karakterističnih deonica:

- od Trupala do Proseka oko 18km desna obala reke Nišave ima izrazito ravničarski karakter,
- od Proseka do Dolca oko 17 km dolina Nišave - Sićevačka klisura je izrazito uzana sa strmim, skoro vertikalnim padinama. U samoj klisuri izgrađena je železnička pruga i put Niš – Pirot,
- od sela Dolca do Pirota u dužini od oko 40 km dolina Nišave ima promenljivu širinu od oko 0.5km do 3.5km i promenljive nagibe padina na levoj i desnoj obali,
- od Pirota do Dimitrovgrada oko 30km dolina Nišave ima promenljivu širinu od 8.0km do 0.5km ispred Dimitrovgrada.
-

Sićevačka klisura je topografski nepovoljna za izgradnju autoputa a pored ovoga je proglašena za prirodni park 1977. godine, i kao takva je pod zaštitom Republičkog zavoda za zaštitu prirode.
Kao alternativa Sićevačkoj klisuri je odabrana je dolina Kunovačkog potoka koja se pruža južno od Sićevačke klisure na rastojanju do 5.0 km. Iz doline Kunovačkog potoka iza prevoja kod sela Bancareva pruža se dolina Bancarevačkog potoka, koja se uliva u dolinu potoka Draguša. Kod sela Glogovac potok Draguša ulazi u dolinu Crvene reke, koja se potom uliva u dolinu reke Nišave na levoj obali kod sela Crvena reka.

3.5. Klimatske karakteristike područja

Šire područje doline Nišave ima obeležja umereno - kontinentalne klime na koju pored spoljnih faktora utiču i lokalni unutrašnji faktori od kojih su najznačajniji pravac pružanja doline i planinskih masiva Suve i Svrljiških planina, Belave, Basare i Vidliča.

Na osnovu analize temperaturnih podataka sa meteoroloških stanica u Nišu, Beloj Palanci, Pirotu i Dimitrovgradu može se zaključiti da se srednja godišnja temperatura vazduha kreće od 10°C do 11°C.
Godišnji tok oblačnosti se podudara sa tokom relativne vlažnosti, njena srednja godišnja vrednost na ovom području iznosi 58%.

Prema podacima sa pomenutih meteoroloških stanica se vidi da se srednja godišnja visina padavina kreće od 526 mm u Beloj Palanci do 624 mm u Dimitrovgradu

Prosečna godišnja učestalost snežnih dana se kreće od 20 - 30 dana. Visine snežnog pokrivača su promenljive i kreću se od 20 - 25 cm u kotlinama do preko 1 m na prevoju Ploče.

Magla predstavlja važan klimatološki element u odvijanju saobraćaja i na ovom području se najčešće javlja u neposrednoj blizini Nišave, odnosno najčešće u Sićevačkoj klisuri. Prosečno se javlja 13 dana u toku godine, a najčešće u jesen i proleće.

Na osnovu dosadašnjih osmatranja na svim mernim stanicama najčešće se javljaju vetrovi iz severozapadnog, severnog i istočnog kvadranta. Srednje godišnje brzine vetra se kreću od oko 3 m/sec. Dok su najveće brzine zabeležene od preko 19 m/sec ili 70 km/h.

3.6. Inženjersko geološki i geotehnički uslovi

Na osnovu izvršenih inženjersko geoloških ispitivanja može se sa aspekta geoloških uslova provođenja trase autoputa, dati opšta ocena o svojstvima stenskim masa i terena.
U geomorfološkom i morfometrijskom smislu provođenja trase autoputa od Niša do Dimitrovgrada je složeno i teško zbog razuđenosti reljefa i brojnih prirodnih prepreka koje se nalaze duž istraživanog koridora. Teren uglavnom karakterišu ovi tipovi reljefa: ravničarski duž reke Nišave i njenih većih pritoka, brežuljkasti i brdsko - planinski, sa promenljivim nagibima padina od 5° - 40°.
Prema geološkom sastavu istraživani koridor čine tri osnovne grupe terena:

Prvu grupu, izgrađuju čvrste stenske mase pretežno karbonatnog kompleksa, tj. razni tipovi slojevitih, bankovitih ili masivnih, mehanički dosta oštećenih krečnjaka, dolomitičnih krečnjaka, dolomita i laporaca, jurske i kredne starosti. Povremeno su zastupljeni i crveni permski peščari. Ove stene su najčešće prekrivene drobinsko - glinovitom raspadinom promenljive debljine koja na strmijim delovima padina u uslovima neadekvatnog zasecanja može biti sklona osipanju, odronjavanju i kliženju.

Drugu grupu, čine tereni koje izgrađuju tercijerni sedimenti: lapori, laporovite gline, šljunkovi, peskoviti konglomerati, čiji su međusobni odnosi u prostoru nepravilni i složeni, kako u vertikalnom tako i u horizontalnom smislu. Ovako komponovani tereni su predisponirani za razvoj klizišta i drugih vidova nestabilnosti.

Treća grupa, pripada značajnom potezu koga čine savremeni aluvijalni sedimenti: gline, peskovi i šljunkovi. U zonama mrtvaja dolazi do pojava malo nosivog tla: muljeva i treseta. Sve ove stenske mase su po pravilu stišljive, što izaziva veća sleganja.

Inače ceo teren karakterišu pojave brojnih raseda i razloma. Najveći broj tih raseda nije aktivan. Ipak, dve razlomne strukture u zoni južno od Crvene reke, ukazuju na savremenu tektonsku aktivnost, pa samim tim, mogu imati i seizmogene implikacije.

3.7. Zone zaštite

U širem koridoru autoputa od Proseka do Dimitrovgrada postoje sledeće zone zaštite:
Sićevačka klisura je proglašena nacionalnim parkom kao prirodna retkost.
U klisuri nije dozvoljena nikakva izgradnja.

Izvorište vode za piće "Vrelo" koje se nalazi u samom gradu Bele Palanke ispod brda Veliko Kurilo na desnoj obali Mokranjske reke. Slivno područje izvorišta proteže se od Bele Palanke prema jugoistoku sve do sela Telovac. Teren je izgrađen od krečnjaka sa svim karakteristikama karsta pa je nedopustiva objekata koji mogu zagaditi zonu izvorišta.

Na teritoriji opštine Pirot Nalaze se vojni objekti kod sela Barje Čiflik i zoni vojnog strelišta istočno od lokalnog puta Pirot - selo Prisjan.

Takođe na prostoru od Proseka do Dimitrovgrada postoje kulturno istorijski spomenici koji su pod zaštitom.

3.8. Infrastrukturni objekti

3.8.1. Postojeći objekti

U razmatranom koridoru postoje sledeći objekti:
Železnička pruga Niš - Sofija
Magistralni put M - 1/12 Niš - Sofija
Magistralni put M - 9 Pirot - Leskovac
Regionalni put R - 241/a Niška Banja - Crvena Reka
Regionalni put R - 262 Bela Palanka - Sadikov bunar
Regionalni put R - 121 Dimitrovgrad - Pirot - Kalna
Regionalni put R - 244 Bela Palanka - Svrljig
Mreža lokalnih i nekategorisanih puteva
Regionalni vodovod Ljuberađa - Bela Palanka - Niš
Međunarodni optički i koaksijalni kabl Niš - Dimitrovgrad
Mreža električnik vodova visokog i niskog napona
Mreža lokalnih telefonskih linija
Industrijski kompleksi koji su izgrađeni uz veća naselja.

3.8.2. Budući objekti

Od Niša do Dimitrovgrada predviđena je i izgradnja sledećih objekata:
Brza železnička pruga za računsku brzinu Vr = 250 km/h
Magistralni gasovod Bugarska - Niš
Magistralni optički kabl Bugarska - Niš

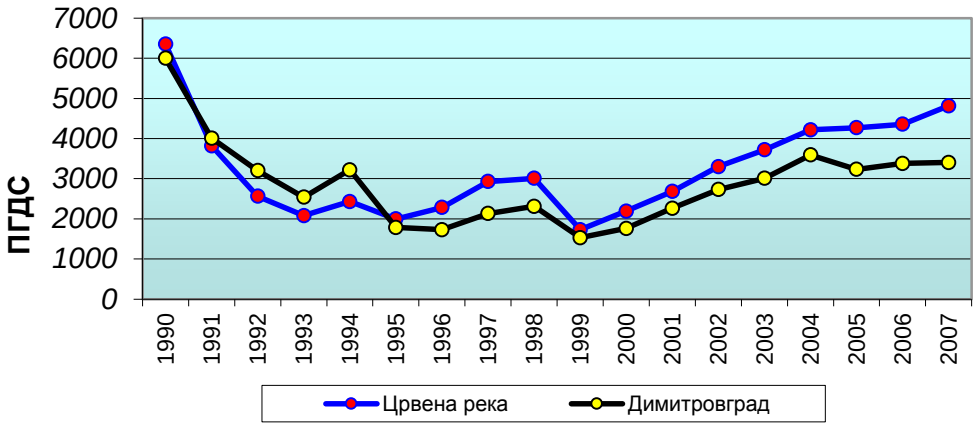
4. SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE

Novonastala organizacija istočno-evropskih država i jugoslovenske teritorije, kao i trenutna politička situacija u regionu, uticali su na preraspodelu saobraćajnih tokova regiona jugoistočne Evrope. Imajući u vidu geografski položaj Republike Srbije, postojeću saobraćajnu infrastrukturu i najkraće saobraćajne veze između zemalja zapadne i centralne Evrope sa južnom Evropom i dalekim Istokom, kao i dalji razvoj njihovih dobrosusedskih odnosa, realno je predpostaviti da će se tranzitni saobraćaj između njih i dalje obavljati tradicionalnim saobraćajnim komunikacijama kroz Republiku Srbiju.
Saobraćajnim analizama obuhvaćeni su:

- *podaci o redovnom brojanju saobraćaja,*
- *detaljni podaci sa automatskih brojača saobraćaja (ABS),*
- *podaci o dopunskim brojanjima koja su izvedena u proteklom periodu,*
- *podaci iz ankete učesnika u saobraćaju o osnovnim karakteristikama kretanja (izvor - cilj),*
- *podaci o merenju brzina vozila.*

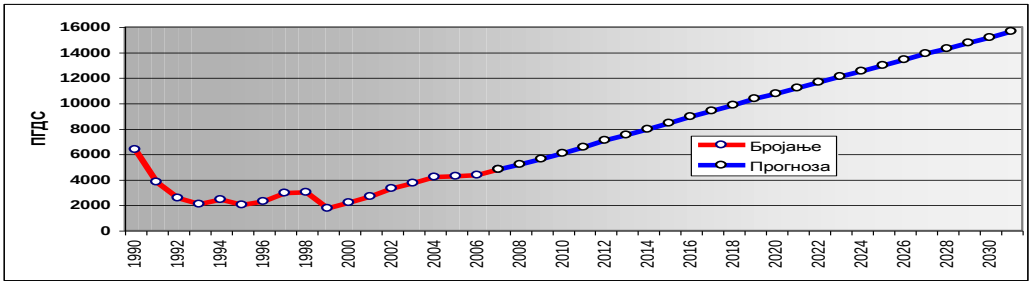
Analiza saobraćajnog opterećenja urađena je na osnovu raspoloživih podataka o obimu i strukturi saobraćaja. Detaljno su analizirani podaci o saobraćajnom opterećenju od 1990. do 2007. godine koji su registrovani automatskim brojačima u Crvenoj reci i Dimitrovgradu (automatski brojači na posmatranom koridoru koji su radili u toku celog vremenskog perioda).

U periodu od prvih prognoza rađenih za potrebe Generalnog projekta autoputa Niš - granica Bugarske predpostavljalo se, na osnovu do tada kod nas urađenih studija i nekih predpostavki iz inostranih studija u pogledu normalizacije saobraćaja nakon ukidanja sankcija, da će saobraćajno opterećenje koje je bilo 1990. godine biti dostignuto 1996. godine. Međutim, kako se vidi na dijagramu D.3.1, očigledno je da su takve predpostavke bile isuviše optimističke i da tek predstoji period normalizacije saobraćajnih tokova.



Slika 2. PGDS na lokacijama automatskih brojača ABS 224 Crvena reka i ABS 225 Dimitrovgrad

Prognoza je rađena posebno za svaku od 5 deonica po principu prognoziranja ukupnog saobraćajnog opterećenja, uz primenu stopa rasta, a zatim je u zavisnosti od deonice primenjena strukturrna distribucija vozila na ukupno saobraćajno opterećenje u zavisnosti od prognoznog perioda.



Slika 3. Prognoza ukupnog saobraćajnog opterećenja na postojećem putu

Saobraćajnim analizama i prognozom iz 1997. godine data je prognoza veličine i strukture saobraćajnih tokova.

Na osnovu dobijenih rezultata usvojeni su sledeći merodavni saobraćajni parametri za budući autoput za :

	Prosečan godišnji dnevni saobraćaj	
1.	PGDS za oba smera 2022 godine (voz/dan)	14.560
2.	Faktor N-tog časa	0.14
3.	Faktor vršnog časa	0.85
4.	Merodavno opterećenje vozila na čas po smeru	1223
5.	Neravnomernost smerova	40/60
	Struktura saobraćajnog toka	
6.	Putnička vozila PA	68.9%
7.	Autobusi BUS	9.0%
8.	Teretna vozila TV	13.1%
9.	Teška teretna vozila TTV	9.0%

5. RAČUNSKA BRZINA

Završnim izveštajem o stručnoj kontroli Generalnog projekta od strane Republičke revizione komisije i Projektnim zadatkom za izradu Idejnog projekta autoputa E-80 deonica Niš(Prosek)-Dimitrovgrad (Granica Bugarske) usvojena je računska brzine

Vr= 120 km/h

Za ovu računsku brzinu proračunate su minimalne i maksimalne vrednosti za situacioni plan, podužni profil, poprečni profil i preglednost i iznose:

Pravilnikom o tehničkim normativima i uslovima za projektovanje i građenje tunela na putevima (Službeni list SFRJ br.59/73) je maksimalna brzina u tunelima ograničena na 100 km/h

6. TEHNIČKE I FUNKCIONALNE KARAKTERISTIKE

6.1. Normalni poprečni profil

Geometriski poprečni profil usvojen je na osnovu prognoziranog saobraćajnog opterećenja u planskom periodu, strukture saobraćaja, ranga puta i usvojene računske brzine, a na osnovu važeće zakonske regulative u vreme projektovanja autoputa.

Usvojen je sledeći poprečni profil kompletnog autoputa sa dva odvojena kolovoza i to:

Geometriski poprečni profil za računsku brzinu Vr = 120 km/h

Vozne trake		4 x 3,75 = 15,00 m
Zaustavne trake		2 x 2,50 = 5,00 m
Ivične trake		2 x (0,50 + 0,20) = 1,40 m
Razdelnu pojas		1 x 4,00 = 4,00 m
Zemljane bankine		2 x 1,50 = 3,00 m
	Ukupno:	28,40 m

6.2. Granični elementi plana i profila

Pod graničnim elementima situacionog plan trase i nivelete autoputa podrazumevaju se najoštriji elementi sa gledišta voznodinamičkih, konstruktivnih i ostalih zahteva.

Ovi granični elementi su primenje u izuzetnim slučajevima.

Granični elementi plana i profila za računsku brzinu Vr = 120 km/h

Situacioni plan

Minimalni poluprečnik horizontalne krivine	R_{min} = 750 m
Maximalni poluprečnik horizontalne krivine	Rmin = 5000 m
Minimalna dužina prelazne krivine	minLp = 120 m
Maximalna dužina pravca	maxL = 2400 m

Podužni profil	
Maksimalni podužni nagib nivelete	I_{max} = 5,00 %
Minimalni podužni nagib	Imin = 0,30 %
Maksimalni nagib rampe vitoperenja	$i_{v\ min}$ = 0,75 %
Minimalni nagib rampe vitoperenja	$i_{v\ max}$ = 0,75 %
Minimalni poluprečnik konveksnih vertikalnih krivina	$R_{v\ min}$ = 17.000 m
Minimalni poluprečnik konkavnih vertikalnih krivina	$R_{v\ min}$ = 12.000 m
Poprečni profil	
Minimalni poprečni nagib	$i_{p\ min}$ = 2,50%
Maksimalni poprečni nagib	$i_{p\ max}$ = 7,00 %
Preglednost	
Minimalna dužina yaustavne preglednosti	Pz min = 260 m
Minimalna dužina preticajne preglednosti	Pp min = 380 m
Minimalna širina zone preglednosti	bp min = 11 m

6.3. Posebne karakteristike situacionog plana i podužnog profila

ukupna dužina trase	L = 101,80 km
koeficijent razvijanja	Kr = 1.17
dužina trase na trupu	Ltr = 92.17 km
dužina trase na mostovima	Lms = 3.87 km
dužina trase u tunelima	Ltu = 5.76 km
primenjeni minimalni poluprečnik horizontalne krivine min R=750 m(650m)	min R = 750 m (650 m)
primenjeni maximalni poluprečnik horizontalne krivine	max R = 5000 m
najveća dužina pravca max Lpr=	Lpr = 2.85 km
primenjeni maksimalni podužni nagib	max ip=5%

6.4. Denivelisane raskrsnice

Od Trupala do Proseka ostaju već izgrađene raskrsnice
Komren na km 2+900 i
Malča na km 17+358.
Od Poseka do Dimitrovgrada predviđene su sledeće denivelisane raskrsnice:
Bela Palanka na km 46+350
Pirot - zapad na km 70+591
Pirot - istok na km 80+500
Dimitrovgrad na km 96+288 – sa skraćenim programom (ulaz u pravcu Niša, izlaz iz pravca Niša)
Gradina na km 103+578
Granični prelaz 104+410 – postojeća petlja sa skaćenim programom.

6.5. Prateći sadržaji u koridoru autoputa E-80

Kako deonica auto-puta E-80 Niš - granica Bugarske predstavlja sastavni deo mreže puteva u zatvorenom sistemu naplate, predviđeni su svi prateći objekti koji obezbeđuju bezbednost i potpuni komfor na putu i zadovoljavaju potrebe korisnika.
Kao prateći sadržaji auto-puta utvrđuju se:
a) funkcionalni sadržaji autoputa i
b) prateći sadržaji za potrebe korisnika puta.

6.5.1. Funkcionalni sadržaji

Određeni su lokaliteti za funkcionalne sadržaje na autoputu E-80 Niš –Dimitrovgrad i to:

- baze za održavanje puta:
  Bancarevo (km 32+200) i
  Pirot(u zoni petlje "Pirot-istok")
- objekti kontrole i upravljanja kod baze za održavanje Bancarevo i Pirot-istok;
- objekti naplate putarine:
  čeona naplatna mesta Prosek (km 17+358) i Dimitrovgrad (km 93+000),
  bočne naplatne stanice Bela Palanka, Pirot-zapad, Pirot-istok.

6.5.2. Prateći sadržaji za potrebe korisnika puta

Utvrđuju se lokaliteti pratećih sadržaja za potrebe korisnika puta i to:

- odmorišta kao samostalni objekti**:**
  km 31+200 (obostrano smaknuto).
  km 52+100 (obostrano smaknuto),
  km 74+910 (naspramno),
  km 80+000) (za levu traku);

- benzinske i gasne stanice sa parkingom (kao samostalni objekat) na :

  km 8+850 (sa leve strane autoputa),
  km 9+300 (izgrađena sa desne strane autoputa),
  km 84+939 (u zoni Sukova) i

- moteli sa benzinskom i gasnom stanice i parkingom (obostrano smaknuto):

  "Prosek" (oko km 18+000),
  "Bancarevo")oko 28+600 u okviru baze za održavanje
  "Bela Palanka" (oko km 46+450).
  "Pirot" (oko km 65+270),
  "Jerma" (oko km 84+939) i
  "Gradina" u okviru graničnog prelaza

7. KARAKTERISTIČNA KONSTRUKTIVNA REŠENJA

7.1 Kolovozna konstrukcija

Izboru tipa kolovozne konstrukcije, prethodile su analize koje se odnose na: prognozirano saobraćajno opterećenje, geotehničke karakteristike lokalnog tla u području predmetne deonice, raspoložive podatke o nalazištima kamenog materijala potrebnog za izradu slojeva kolovozne konstrukcije i klimatske i hidrološke uslove posmatranog područja.
Za formiranje alternativnih rešenja, u obzir su uzeta tri osnovna tipa kolovozne konstrukcije: fleksibilna (asfaltna), polukruta i kruta (cement-betonska) kolovozna konstrukcija. Nakon izvršenih detaljnih analiza usvojene su optimalne varijante kolovoznih konstrukcija, koje su međusobno ravnopravne u smislu konstruktivnih karakteristika, jer su sve zadovoljile u pogledu nosivosti za iste ulazne podatke.
Ekonomskom analizom koja je obuhvatila troškove građenja i troškove održavanja utvrđeno je da su najisplativija rešenja ona koja se odnose na varijantu polukruta kolovozna konstrukcija sa zastorom od skeletnog mastiks asfalta.
Usvojena je kolovozna konstrukcija sa sledećim debljinama i rasporedom slojeva:

AUTOPUT

Vozna traka (Posteljica CBR>20%)	
- habajući sloj SMA0/11	d= 4cm
- bitumenizirani sloj BNS 32sA	d=10cm
- izravnjavajući sloj AB 11	d= 3cm
- cementna stabilizacija	d=20cm
- drobljeni kamen 0/63 mm	d=30cm
Ukupno	D=67cm
Vozna traka (Posteljica CBR>3%)	
- peskovit šljunak 0/63 mm	d=50cm
Ukupno	D=117cm

AUTOPUT

Zaustavna traka (Posteljica CBR>20%)

- habajući sloj AB 0/11	d= 4cm
- bitumenizirani sloj BNS 32sA	d= 6cm
- drobljeni kamen 0/31 mm	d= 27cm
- drobljeni kamen 0/63 mm	d= 30cm
Ukupno	**D= 67cm**

Zaustavna traka (Posteljica CBR>3%)

- peskovit šljunak 0/63 mm	d=50cm
Ukupno	**D=117cm**

TUNELI

Vozna traka (Posteljica CBR>20%)

- habajući sloj - NEARMIRANE CEMENT BETONSKE PLOČE MB-40Mpa	d= 18cm
- cementna stabilizacija	d= 20cm
- drobljeni kamen 0/63 mm	d= 30cm
Ukupno	**D= 58cm**

PETLJLE

Krakovi petlji (Posteljica CBR>7%)

- habajući sloj AB 0/11	d= 5cm
- bitumenizirani sloj BNS 32sA	d= 7cm
- bitumenizirani sloj BNS 32sA	d= 9cm
- drobljeni kamen 0/31 mm	d= 20cm
- drobljeni kamen 0/63 mm	d= 25cm
Ukupno	**D= 66cm**

NAPLATNE STANICE

Vozna traka (Posteljica CBR>7%)

- habajući sloj - NEARMIRANE CEMENT BETONSKE PLOČE MB-40Mpa	d= 20cm
- PVC - folija (žilava hartija)	
- drobljeni kamen 0/31 mm	d= 30cm
- drobljeni kamen 0/63 mm	d= 30cm
Ukupno	**D= 80cm**

7.2. Odvodnjavanje putnog pojasa

Predviđeni sistem odvodnjavanja kolovozne površine sa pravaca je kontrolisanog tipa.
Projektnim rešenjem odvodnjavanja kolovoznih traka predviđeno je kontrolisanim prikupljanjem i evakuacijom sa kolovoza i to :

1. sistemom otvorenih kanala,
2. kolektorskom kanalizacijom,

i prečišćavanjem otpadnih voda pre upuštanja u recipijente.
U slučaju prvog sistema odvodnjavanja, voda se sa kolovoza, niz kosine do obodnih kanala evakuiše putem koruba. Korubni ispusti su postavljani na hidraulički opravdanom rastojanju.
Drugi sistem predstavllja zatvoreni sistemom odvođenja kišnih voda sa asfaltnih površina-kišna kanalizacija
Oba sistema su projektovana u skladu sa standardom- EU standard EN 858, o dozvoljenim emisijama i prečišćavanju otpadnih materija sa autoputeva, parkinga i servisa za održavanje motornih vozila
Kriterijumi za proračun kišnih odvodnika:

- merodavne kiše su sa kišomernih stanica Niš, Pirot, Dimitrovgrad (ITP dijagram preuzeti od RHMZ),
- usvojen povratni period T = 10 godina,
- trajanje kiše u funkciji vremena koncentracije za merodavne slivne površine duž saobraćajnice,
- proračun urađen Racionalnom metodom,

- minimalni prečnik cevovoda kišne kanalizacije je 300 mm,
- poprečne veze izliva kišne kanalizacije sa max prečnikom cevi od 600 mm,
- maksimalno odstojanje revizionih okana/slivnika je 60 m,

Projektna rešenja kišne kanalizacije su prilagođena izgradnji samog autoputa. Težilo se jednoobraznosti načina odvodnjavanja na celoj trasi. Nivelete cevi prate pad nivelete autoputa i prekidi su na mestima prirodnih vodoprijemnika. Svi izlivi iz građevina za preradu doteklih otpadnih voda završavaju u vodoprijemniku.

U projektu su korišćena tri osnovna načina odvođenja vode sa asfaltnih površina:
- Odvođenje u nasipima i usecima uporednim cevovodima (u razdelnom pojasu i na nižoj stranikolovoza) do PPOV, od PP cevi shodno standardu SRPS EN 13 476
- Odvođenje u nasipima i usecima porečnim cevovodima do obodnog kanala odakle do PPOV, od PP cevi shodno standardu SRPS EN 13 476
- Odvođenje sa mostova slivnicima i cevovodima od livenog gvožđa ovešanim na mostovske konzole i spojenim sa cevnim deonicama u trupu puta

Cevovode jediničnih deonica odvodnjavanja sačinjavaju cevi, slivnici sa slivničkim rešetkama, reviziona okna sa slivničkim rešetkama i reviziona okna.
Sve deonice se završavaju spajanjem kolektora ispred PPOV,

Kriterijumi za dimenzionisawe PPOV (Postrojenje za Prečišćavanje Otpadnih Voda)

- merodavne kiše sa kišomernih stanica Niš,Pirot,Dimitrovgrad(korišćeni ITP dijagrami preuzeti od RHMZ),
- usvojen je povratni period T = 10 godina za određivanje zapremine objekta,
- iz tretmana se ispušta količina vode manja ili jednaka od 1/10 Qsr vodoprijemnika. Usvojeni su tipovi PPOV sa protokom zavisnim od veličine gravitirajuće deonice odvodnjavanja kolovoza,
- usvojen najmanji projektni proticaj PPOV od 20 l/s. Manji izlazni proticaji ne bi imali smisla obzirom na zapremine objekata u odnosu na uzastopne kišne epizode,
- brzina toka vode u PPOV prilagođena je zahtevima efikasnog prečišćavanja,
- na izlasku iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda sa kolovoza, predviđeno je da voda ne sadržati više mg/l ugljovodonika i sedimenata nego je to propisano standardom EN 858

Predviđeni sistemi za prečišćavanje je tipa Purator, ili ekvivalentni prema EN 858, sa zahtevanim izlaznim graničnim vrednostima zagađujućih materija. Njihova lokacija i veličina diktirani su deonicama odvodnjavanja, položajem vodoprijemnika i topografijom terena.

Odvodnjavanje mostova rešeno je prema kriterijumima datim u poglavlju hidrauličkih analiza, dok su deonice odvodnjavanja mostova date na situacijama i profilima i detaljima odvodnjavanja svih mostova ponaosob.
Najznačajniji vodoprijemnik je reka Nišava, dok su ostali vodotoci takođe locirani u dolini Nišave.

7.3.Uređenje putnog pojasa

Projektom uređenja putnog pojasa na autoputa E-80 Niš-Dimitrovgrad, obuhvaćen je prostor unutar granice eksproprijacije i u okviru označene granice intervencije.
Projekat ozelenjavanja urađen je u skladu sa prethodno utvrđenim i uvaženim principima uslova sredine kroz koji trasa puta prolazi i u skladu sa opštim uslovima sredine: geografskim, klimatskim, pedološkim, hidrološkim i vizuelnim.

Poseban osvrt je dat na strukturu i druge fizičke karakteristike zemljišta uz trasu, pejzažne vrednosti lokalnog i opšteg reljefa, vegetacijske karakteristike terena i td.

Projektom uređenja putnog pojasa nastojalo se da se zadovolje sledeći ciljevi:

- bezbednost saobraćaja (vidljivost, stabilnost terena u putnom okruženju). Prilikom ozelenjavanja puta uglavnom su korištene različite vrste žbunja, pravilno školovane starije sadnice (dobro formiranog korenovog sistema) da bi se u što kraćem vremenskom periodu ostvarili ciljevi ozelenjavanja.
- kolorit pejzaža u skladu sa godišnjim dobom ostvaren je sadnjom jedne biljne vrste u dužem potezu. Na taj način se, i pri većim brzinama kretanja automobila, uočava boja, time ambijent čini privlačnijim a vožnju prijatnijom.

- vizuelno-tehnološki cilj, ostvaruje se izborom biljnih vrsta unutar autohtone vegetacije koji zadovoljava kriterijum otpornosti na specifične uslove date mikroklime i ekspozicije, kao i izborom manjeg broja alohtonih vrsta, koje po svojim biološkim, morfološkim i dekorativnim osobinama ispunjavaju postavljene ciljeve.
- efikasan i ekonomičan način zasnivanja i održavanja fitocenoze. Pravilnim izborom biljaka ostvaruje se željeni cilj, a kroz određeni vremenski period obezbeđuje utapanje trase puta u krajolik.
- ekološki cilj očuvanja životne sredine. Sadnjom biljaka duž putnog pojasa ublažavaju se negativni uticaji koji se javljaju prolaskom trase autoputa kroz, dosad, nedirnuti deo prirode. Pravilnim izborom biljnog materijala, efikasnim i ekonomičnim načinom zasnivanja, ostvaruje se željeni cilj i ambijent čini prijatnijim.

Posebna pažnja posvećena je pri rešavanju suptilnih ekspozicija kao što su: useci, nasipi i padine, izborom tehnološkog načina ozelenjavanja koje treba da obezbedi stabilizaciju terena i sprečavanje moguće erozije. Ovim projektom obuhvaćene su samo kosine nagiba 1:1 i manjih. Kosine većih nagiba su obrađene u drugom projektu. Manje površine, koje predstavljaju logičan sled stabilizacije kosina u nizu, nagiba 3:1, 2:1 itd, i završavaju nagibom 1:1, po svom položaju su stabilne. Odluku o njihovoj definitivnoj stabilnosti i potrebi za eventualnom ugradnjom geomreža, donosio je projektant trase.
Na deonicama gde trasa prolazi ili se približava naseljenim mestima ili poljoprivrednim površinama, obezbeđen je zaštitni karakter zelenila u smislu očuvanja životne sredine.
Na osnovu tih saznanja izrađen je projekat ozelenjavanja i izbor tehnoloških metoda sadnje uvažavajući vizuelne karakteristike terena i gde god je moguće, istaknute su prirodne vrednosti terena.

7.4.Saobraćajno tehnička oprema

7.4.1. Trasa puta, petlje, ostale saobraćajnice

Projekat daje nova rešenja vertikalne saobraćajne signalizacije i opreme na autoputevima: saobraćajnih znakova, njihovih stubova nosača, konstrukcija nosača, proračun ležišta stuba i proračun temelja, zaštitne čelične ograde za vozila, smerokaza, markera i drugih elemenata sa svojstvima retrorefleksije.

Karakteristike elemenata vertikalne signalizacije odgovaraju SRPstandardima. Materijali za izradu saobraćajnih znakova na autoputu predviđeni su sa retroreflektujućim osobinama klase III (Diamond Grade).
Predložena rešenja sistema vođenja saobraćaja i sistema putokazne signalizacije obezbeđuju nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja sa obaveznom primenom natpisa broja međunarodnog i državnog puta. Poštovane su odredbe postojećeg Zakona o službenoj upotrebi jezika i pisma.

Za sve nestandardne saobraćajne znakove i table urađeni su proračuni konstrukcije saobraćajnog znaka i table od uticaja vetra na konstrukciju, koji obuhvata proračun broja i vrste stubova, proračun ležišta stubova i proračun temelja.

Posebno su projektovani elementi zaštitnih čeličnih ograda u skladu sa odredbama standarda SRPS EN 1317.
Predviđeno je da svi metalni delovi nosača saobraćajnih znakova, konstrukcija nosača i elemenata za montažu, kao i elemenata zaštitnih čeličnih ograda, budu zaštićeni cinkanjem po toplom postupku sa debljinom cinka od 60 μ.

Projektom su predviđeni ekran uređaji protiv zaslepljivanja za puteve u skladu sa SRPS. EN 12676-1, koji smanjuje zaslepljivanje od farova iz suprotnog smera ili od nekih drugih spoljnih izvora svetlosti. Navedeni ekran uređaje projektovani su na najkritičnijim mestima (dugačke horizontalne krivine, u području vertikalnih prevoja i paralelnih puteva).

Rešenjima za horizontalnu signalizacija predviđena je ugradnju debeloslojnih oznaka sa svojstvima retrorefleksije, i primenjeni materijali ispunjavaju odredbe standarda SRPS EN 1436.
Projektna rešenja su data u skladu sa važećim zakonima, standardima i tehničkim preporukama.

7.4.2. Tuneli

Dozvoljena brzina u tunelu je 100 km/h. Saobraćajnu signalizaciju u tunelu projektovana je sa izmenjivim sadržajem i u LED tehnologiji.
Projekat saobraćajne signalizacije u tunelima je urađen prema nemačkim propisima RABT, a oprema u tunelu projektovana prema evropskim preporukama.

Signalizacija i oprema ispred tunela i u tunelu predviđeni su tako da se zadovoljavaju visok nivo obaveštenosti i bezbednosti korisnika tunela.
Informativni displeji na portalima predviđeni su u LED tehnologiji, sa središnjim poljem za tekstualne informacije, i sa poljima za promenljive saobraćajne znake.

Saobraćajnu signalizaciju za tunel projektovana je tako da može davati potpune informacije i u slučaju mogućeg zatvaranja jedne tunelske cevi i odvijanja dvosmernog saobraćaja unutar jedne tunelske cevi.
Posebno su obrađeni, odgovarajućom signalizacijom i opremom pešački tokovi duž tunela za slučaj bilo kakvog akcidenta i potrebe brze evakuacije ljudi iz tunela.

7.5. Mere žaštite životne sredine

Izgradnja i eksploatacija autoputa će izazvati izražene uticaje na zauzimanje prostora, razdvajanje celina, floru i faunu, buku i zagađenje voda, dok će uticaji na zagađenje vazduha i tla, mikroklimu, vibracije i pejsažne karakteristike biti manji.

Od ekoloških potencijala u zoni uticaja buduće atoputa preovladavaju poljoprivredne površine (oranice i voćnjaci) na deonicama Prosek – Crvena Reka i Pirot – Dimitrovgrad, kao i livadski i šumski ekosistemi na deonicama Čiflik – Pirot i Obilaznica Dimitrovgrada. Izgradnjom puta će doći do izvesne degradacije prirodnih ekosistema, ali obzirom na njihovu rasprostranjenost u istražnom prostoru, uticaji neće biti izraženi. Mere kompenzacije nisu predviđene.

U okviru istražnog prostora evidentirano je 18 objekata kulturnog nasleđa koji su zaštićeni zakonom. Ne očekuje se da će izgradnja i eksploatacija budućeg autoputa negativno uticati na ove sadržaje. Ako se u toku građevinskih radova evidentiraju tragovi istorijskog nasleđa, izvođač je u obavezi da prekine izvođenje, obavesti nadležni zavod za zaštitu spomenika kulture i sačeka njegovu intervenciju. Deonica Prosek – Crvena reka prolazi južnim obodom parka prirode „Sićevačka klisura“ i praktično definiše deo granice trećeg stepena zaštite. Novi autoputski pravac će, uz odgovarajući sistem informisanja, omogućiti bolju pristupačnost ovim prirodnim i kulturno – istorijskim spomenicima.

U cilju smanjenja uticaja buke pri prolasku autoputa u blizini naselja, predviđena je izgradnja zidova za zaštitu od buke. Za zaštitu površinskih voda od sistematskog i akcidentnog zagađivanja sa autoputa projektom je predviđen sistem kontrolisanog prikupljanja i odvođenja atmosferskih voda sa kolovoza i njihov tretman pre ispuštanja u prirodne recipijente. Ovim sistemom obezbeđeno je da se rizik od redovnog i akcidentnog zagađivanja vodnih potencijala svede na najmanju vrednost.

Za komunikaciju ljudi i životinjskih vrsta čija staništa su presečena izgradnjom autoputa, pored mostovskih konstrukcija, propusta i tunela kao konstruktivnih delova autoputa, predviđeni su cevasti (sitna divljač i herpetofauna) i pločasti propusti (krupna divljač).

Pre početka izgradnje deonice autoputa Niš – Dimitrovgrad, predviđeno je da se ustanoviti stanje životne sredine merenjem kvaliteta vazduha, vode, tla i nivoa buke na karakterističnim mestima. Ovi podaci će predstavljaju referentne vrednosti za sistem monitoringa koji će se sprovoditi tokom eksploatacije puta u cilju registrovanja prekoračenja dozvoljenih nivoa imisije ili verifikacije primenjenih modela predikcije.

8. INŽENJERSKI OBJEKTI

8.1. Zidovi

8.1.1. AB potporni zidovi

AB potporni zidovi su projektovani visine do 6.5m i sa funkcijom je da smanje visinu useka ili skrate kosinu nasipa. Armirano betonski (AB) potporni zidovi projektovani su sa zadnjim konzolama odnosno prepustima čija je funkcija dvojaka. Ona sopstvenom težinom i težinom kamene naslage na njoj smanjuje aktivni moment rotacije od pritiska tla čime se postiže veća stabilnost na rotaciju i manji naponi na temeljnom tlu. Druga funkcija je da se na njoj oformi paralelna drenaža za prikupljanje podzemne vode koja se kontrolisano odvodi kroz otvore na zidu. Drenaža će time smanjiti hidrostatičke i hidrodinamičke pritiske u terenu.

AB zidovi su projektovani kao kontinualne građevine plitko fundirane u nekretanom sloju tla. Svi AB zidovi su projektovani u kampadama dužine 3m i 4m .
Armirano betonski (AB) potporni zidovi, predviđeno je da se rade od betona marke (MB) 30 i otpornog na dejstvo mraza (M) 150.
Potporni zidovi, projektovano je, da se armiraju sa rebrastom armaturom RA 400/500 prečnika šipki prema projektu, sem AB platana na krajevima zidova koji su armirani armaturnim mrežama (MA-500/560,Q-378).

8.1.2.Gabioni

Funkcija gabionske sidrene potporne konstrukcije je da primi opterećenja pritiska tla i stena sa strane brda i prenese ih na stabilne delove terena.
Ankerovani gabioni prestavljaju sistem od gabiona dimenzija $0{,}50\times1{,}00\times2{,}00m^1$ koji se ankeruju geosintetičkim poliesterskim PET mrežama u masu novoizrađenog tla iza gabionske obloge. Ankeri su spojeni sa gabionima i oni održavaju gabionsku oblogu u ravnoteži. Dužine ankera su različite, što zavisi od visine armiranog tla i tla iza njega. Ona se deli na slobodni deo, koji trpi zatezanje i deo koji se sidri. Sidreni deo od slobodnog dela deli se Coulomb-ovom linijom. Slobodni deo je ka gabionskoj oblozi, a sidreni deo je ka brdu i ankeruje se u masi novog nasipa. Sidrenje se postiže trenjem između žičane mreže i novoizgraćenog nasipa. Ispuna gabiona se radi od kontinualno granuliranog drobljenog mineralnog agregata, veličine zrna od 10 do 80 mm.

8.1.3. Armirano tlo

Konstrukcije od tla (sitnozrnog ili krupnozrnog) i geosintetike (tkanog geotekstila ili geomreže) nazivaju se potporne konstrukcije od tla i plastike.

Noseću funkciju ove konstrukcije preuzima interakcija između tla i armature – trenje. javlja se u reaktivnoj zoni objekta, između armature od plastičnog materijala i tla, drži konstrukciju u stabilnom stanju.
Potporna konstrukcija od tla i plastike treba da zadovolji uslove eksterne stabilnosti (stabilnost na uticaj rotacionog i translatornog pokretanja, dozvoljeno naponsko stanje na kontaktu tla i fundamenta, sleganje konstrukcije i podnožnično kliženje). Isto tako potporna konstrukcija treba da zadovolji i internu stabilnost (sila pritiska tla mora biti za 1,5 puta manja od sila trenja između tla i geosintetike, kako u globalu tako i po vertilalnim segmentima).

8.2. Propusti

Hidraulički proračuni su urađen na nivou Idejnog projekta i poslužili su za dimenzionisanje otvora malih objekata za sprovođenje površinskih voda kroz trup puta i njegovu zašitu od istih. Definisana je količina vode koja gravitira svakom propustu i na osnovu te količine definisan je stepen ispunjenosti projektovanih propusta i brzina protoka. Nagib cevi je određen u dogovoru sa preporukama projektanata regulacija stalnih i povremenih vodenih tokova i određen je tako da brzina vode u objektu ne pređe 8 m/s.

Primenjeni su cevasti propusti Φ1400 i Φ2000 (na trasi autoputa), kao i Φ600, doΦ1000 (na lokalnim putevima) Cevasti propusti su predviđeni kao prefabrikovani elementi ,dvostruko armirani. Proizvođači će ih dimenzionisati prema zahtevanim temenim pritiscima i za to priložiti atest.

8.3. Regulacije vodotokova

U većem delu koridora Autoputa, reljef je brdovit. Trasa preseca nekoliko povremenih vodotoka. Trasa takođe preseca reku Nišavu, što je najznačajnija interakcija autoputa sa vodama na ovoj deonici. Geodinamički procesi, površinsko raspadanje, spiranje, jaružanje, odronjavanje, osipanje i klizanje su prisutni, Detaljan prikaz ovih procesa dat je na geotehničkim kartama ograničenja, što je korišćeno za procenu mogućih uticaja na hidrografske parametre. Osnovna hidrografska mreža ima delimično izražen bujični karakter. Brdska strana, tj. gornji delovi slivova su pod šumama, tako da erozija nije izražena.
Nišava je kroz Pirot i Dimitrovgrad regulisana obostranim nasipima i dinamički je stabilna. Nizvodno od Dimitrovgrada, prema selu Obrenovac izvršeno je prosecanje rečne krivine (meandra), gde se takođe postiglo trajno stabilno stanje i dobro uklapanje sa prirodnom sredinom.
Slivna područja desne obale Nišave, gde obodom aluviona prolazi trasa autoputa, delimično su obrasli niskim rastinjem i izloženi su erozionim procesima, a manji vodotoci su bujičnih odlika.
Ozbiljnija regulacija je urađena na Kunovačkom potoku na deonici okvirno od km 22+000 do km 28+ 000.

8.4. Mostovi

Izradi dispozicionih rešenja mostova prišlo se sa jednim sveobuhvatnim sagledavanjem problematike na celoj dužini trase autoputa. Osnovna koncepcija sa kojom se prišlo rešavanju je sledeća:
Odabrati objekte koji se po karakteristikama prepreke, geotehničkim uslovima, elementima trase u dužini mogu svrstati u jedan ili više modula i to bi bila grupa unificarnih objekata
Svi ostali objekti moraju se rešavati pojedinačno, radi svoje specifičnosti po navedenim karakteristikama.
Za ovako odabranu i usvojenu grupu unificiranih objekata obzirom na ukupnu dužinu, primenjeni su montažnih prenapregnuti betonski nosači, koji bi se proizvodili u nekoj bazi i transportovali do određenih lokacija.. Ovakvo rešenje ima određene prednosti. Moguća je izgradnja mostova u najkraćem vremenskom periodu. Mogućnost dobre organizacije posla jer se jednovremeno može raditi i gornji stroj mostova, čime se skraćuje vreme izgradnje mostova i donosi smanjenje troškova građenja. Na gradilištu se odvijaju samo neophodni radovi, uglavnom na donjem stroju i završni radovi, čime. Industrijski način izvođenja radova koji je omogućen ovim rešenjem obezbeđuje maksimalni kvalitet izvedenih radova, kao i kontrolu kvaliteta, što je veoma bitno.

8.4. Tuneli

Predviđeno je da se za oba kolovoza autoputa grade dve odvojene tunelske cevi, što znači da kod tunela mora doći do razmicanja osovina kolovoza. Ocenjeno je da razmak osovina bude min 30 m. Na osnovu geotehničkih uslova za izgradnju tunela predvi]ena je je Nova austrijska metoda, po kojoj se izbijanje tunela vrši u punom profilu sa čela.. Širina kolovoza u tunelu je smanjena u odnosu na otvorenu trasu za zaustavnu traku tako da profil ima sledeće dimenzije.

Geometriski poprečni profil za računsku brzinu Vr = 100 km/h

Vozne trake		2 x 3,75 = 7.50 m
Ivične trake		2 x 0,20 = 0.40 m
Servisni staze		2 x 1,00 = 2,00 m
	Ukupno:	9.90 m

Za sve tunele predviđeno je da se postave instalacije za veštačko osvetljavanje i veštačko provetravanje, osim za tunel „Sopot“ gde je predviđeno samo veštačko osverljenje.

Od Proseka do Dimitrovgrada na trasi autoputa projektovani sutunela i to:
tunel “Bancarevo“ ~km 29+000 dužina tunelske cevi leva 679+desna 705m,
tunel „Sopt“ ~km 66+400 dužina tunelske cevi leva 147+desna 135m,
tunel „Sarlah“ ~km 73+000 dužina tunelske cevi leva 425+desna 425m,
tunel „Pržojna Padina“ ~km 98+500 dužina tunelske cevi leva 572+desna 522m,
tunel „Progon“ ~km 100+100 dužina tunelske cevi leva 1084+desna 1066m..
Ukupna dužina tunelskih cevi iznosi 5760m.

9.ODRŽAVANJE I UPRAVLJANJE

Za autoput bi se sprovodilo redovno zimsko i letnje održavanje, kao i pojačanje kolovozne konstrukcije od 4 cm pri dostizanju vrednosti za **IRI≥3,5**. Usvojeno je da je postojeći put M-1.12 doveden u fer stanje i da se na delu od Čiflika do Pirota (do tunela Sarlah) gde je predviđeno da autoput koristi trup postojećeg magistralnog puta kao drugu traku (leva strana) izgradi tkz.Paralelni nekomercijalni put dužine 22.5km

9.1. Baza Bancarevo km 28+600

Deo autoputa od Trupala do denivelisane raskrsnice Donji Komren u dužini od 2,90 km održaće se iz baze Severni bulevar na autoputu Trupale – Leskovac..
Baza Bancarevo locirana je iznad tunela Bancarevo na km 29+000. Iz ove baze biće održavan autoput od denivelisane raskrsnice Donji Komren (km 2+900) do denivelisane raskrsnice Bela Palanka (km 46+350).
Dužina autoputa od ove baze do denivelisane raskrsnice Donji Komren iznosi 25,7 km, a do denivelisane raskrsnice Bela Palanka 17,5 km.
Ukupna dužina autoputa koji održava ova baza je 43,2 km. Iz ove baze održaće se i denivelisana raskrsnica Malča na km 17+358.

9.1. Baza Pirot km 78+650

Baza Pirot locirana je u zoni petlje Pirot (Istok) na km 80+500 sa leve strane autoputa. Iz ove baze održavaće se autoput od denivelisane raskrsnice Bela Palanka na km 46+350 do graničnog prelaza na km 104+404.

Dužina autoputa od ove baze do denivelisane raskrsnice Bela Palanka iznosi 34,1 km, a do granice sa Bugarskom 24 km. Ukupna dužina autoputa koji održava ova baza iznosi 58,1 km.

10. PROJEKAT PARALELENOG PUTA (Nekomercijalni put)

Gradnjom deonice autoputa od Niša do Dimitrovgrada, postavio se problem PARALELNOG -alternativnog - nekomercijalnog puta.
Već izgradnjom prve etape autoputa, deonica Trupale-Prosek u dužini od 18.2 km, koji u potpunisti koristi postojeći put M-1.12 kao drugu traku, postavio se problema paralelnog puta – nekomercijalnog puta koji je rešen na sledeći način.

Početak paralelnog puta je na raskrsnici Ul. Humske i starog autoputa u naselju Donji Komren u Nišu. Mostom "Mladost" preko reke Nišave prelazi se na stacionaži 2+800. Narednih 700m. ide ulicom Prvomajskom do stac. 3+500 i dalje bulevarom Braće Tasković do km 4+100, i nastavlja Bulevarom Veljka Vlahovića do km 5+400. Naredna deonica koristi reg. put R-241 kroz naselje Nikola Tesla i severno od Niške Banje se uklapa u deonicu magistralnog puta M-1.12 u naselju Prosek, a na km 14+300.
Od naselja Prosek do Klenja autoput u potpunosti koristi novi putni koridor, pa postojeća trasa magistralnog puta M-1.12 preuzima ulogu paralelnog puta.

Neposredno ispred naselja Čiflrk trasa paralelnog puta napušta magistralni put M-1.12 i novom trasom, mostom preko železničke pruge i reke Nišave, stiže do iza naselja Klenje. Narednih 6.5 Km trasa paralelnog puta je položena koridorom lokalnog puta Klenje-Ljubatovica-Straža-Crnoklište i udaljena je od novog autoputa do 1.7 km. Postojeći put je sa vrlo skromnim elementima situacionog plana i podužnog profila i sa šljunčanim kolovoznim zastorom širine 4 do 5m. pa se na celoj deonici predviđa njegova potpuna rekonstrukcija. Na Km 57, paralelni put se ponovo vraća u uži koridor autoputa, ovoga puta sa njegove leve strane sve do naselja Staničenje(Sopot). Na ovom mestu planinski masiv Belave, na kontaktu 4. i 5. deonice novog autoputa, jednim uskim ali isturenim grebenom pregrađuje rečnu dolinu Nišave, čime uslovljava naglu promenu pravca rečnog korita. Paralelni put se na ovom mestu odvaja od koridora autoputa i koristi trasu lokalnog puta do uključenja u regionalni put R-121, Pirot - Knjaževac(na Km 67), prateći sve vreme vijugavo korito Nišave. Narednih 8.5 km paralelni put koristi regionalnog puta R-121 uz manje korekcije geometrije, sa kojim stiže u Pirot. Prolaskom kroz industrisku zonu priključuje se na novoprojektovani put " Veza magistralnog puta M-9 sa petljom Pirot (Zapad)", kojim prolazi kroz postojeći Tunel Sarlah a preko postojeće petllje ponovo izlazi na magistralni put M-1.12. Od ove tačke do graničnog prelaza Gradina,Paralelni nekomercijalni put koristi magistralni put M-1.12.
Ukupna dužina puta je 106km od toga treba uraditi rehabilitaciju, rekonstrukciju ili novu trasu od km 53+000 do km 75+500, odnosno u dužini od 22.5 km.

Na deonicama gde se koristi postojeći magistralni put M-1.12 zadržavaju se njegovi geometrijski elementi, jer su oni svuda veći od minimalnih za usvojenu računsku brzinu od 60Km/č.

Na novoprojektovanim deonicama, kao i na postojećem R-121 primenjeni su elementi u skladu sa terenskim uslovima i ostalim ograničenjima, a za usvojenu računsku brzinu od 60Km/č.

Elementi poprečnog profila puta

- širina voznih traka		2x3.00 = 6,00 m
- ivične trake		2x0.30 = 0,60 m
- zemljane bankine		2x1.20 = 2,40 m
	U k u p n o:	9,00m

11. TROŠKOVI IZGRADNJE

1. PRIPREMNI RADOVI			3,000,947,240.00	din
2. ZEMLJANI RADOVI			7,556,942,471.00	din
3. ODVODNJAVANJE			1,467,290,525.00	din
4. POTP.-OBLOŽNI ZIDOVI I PROPUSTI			1,680,014,941.00	din
5. GORNJI STROJ			1,042,330,314.00	din
6. KOLOVOZNA KONSTRUKCIJA			4,515,857,647.00	din
7. UREĐENJE PUTNOG POJASA			407,051,850.00	din
8. SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA I OPREMA			1,141,165,671.00	din
9. ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE			151,173,000.00	din
10. MOSTOVI, NADVOŽNJACI, PRELAZI			15,537,007,364.00	din
11. REGULACIJA VODOTOKOVA			145,948,883.00	din
12. TUNELI			6,769,255,541.00	din
13. NISKONAPONSKE INSTALACIJE			556,343,356.00	din
14. ELEKTRO INSTALACIJA			302,411,050.00	din
15. PETLJE			422,279,468.00	din
16. PARALELNI PUT			937,824,307.00	din
	UKUPNO TROŠKOVI GRAĐENJA		45,633,843,626.00	din
15. PRATEĆI TROŠKOVI 5.5%			2,509,861,399.00	din
	UKUPNI TROŠKOVI		48,143,705,026.00	din

	TROŠKOVI PO 1km AUTOPUTA			
	ukupno dinara:		48,143,705,026.00	din
1EU=82.5din	koštanje autoputa u	evra	583,560,061.00	Eu
1$ =52.3din	koštanjeautoputa u	dolara	920,529,733.00	$
	koštanje po 1km autoputa u	din.	473,957,993.00	din
	koštanje po 1km autoputa u	evra	5,744,945.00	Eu
	koštanje po 1km autoputa u	dolara	9,062,294.00	$

7. ZAKLjUČCI

7.1. Žaštita životne sredine

Prednosti budućeg autoputa sa aspekta zaštite životne sredine su sledeće:
Izgradnja novog putnog pravca će omogućiti bolju komunikaciju sa nerazvijenim područjima na potezu Niš – Dimitrovgrad i na taj način podstaći razvoj privrednih delatnosti i zapošljavanje lokalnog stanovništva,
Veća propusna moć nove saobraćajnice omogućuje veće brzine i kraće vreme putovanja, čime se umanjuju emisije zagađujućih materija u vazduh, vodu i tlo.
Autoputski profil, sa razdvojenim kolovozima po smerovima, pozitivno utiče na bezbednost saobraćaja, jer se smanjuje broja udesa i samim tim, umanjuje rizik od pojave akcidentnih zagađenja i požara,
Prostornim položajem nove saobraćajnice zaobilazi se park prirode Sićevačka klisura, čime se doprinosi zaštiti ovog prirodnog područja,
U odnosu na postojeći magistralni put M-1.12, predmetna trasa prolazi dovoljno daleko od naseljenih mesta Bela Palanka, Pirot i Dimitrovgrad, da negativni uticaji saobraćaja ostanju u dozvoljenim granicama,

7.2. Ekonomska opravdanost izgradnje

Na osnovu ocena za funkcionalno vrednovanje, da bi se zadovoljili kriterijumi za normalno odvijanje saobraćaja na magistralnom putu, vidi se da na kompletnom postojećem putnom potezu nisu zadovoljeni kriterijumi kako u pogledu traženog nivoa usluge, tako i eksploatacione brzine. Ukoliko se želi odvijanje saobraćaja na nivou usluge „D“ na kraju planskog perioda, utvrđeni parametri ukazuju već sada na potrebu za dodatnim kapacitetom – izgradnjom novog puta sa autoputskim profilom.
U cilju sagledavanja krajnjih mogućnosti u pogledu opravdanosti izgradnje autoputa korišćene su optimalne vrednosti pojedinih kategorija podataka, kao što su saobraćajno opterećenje, preraspodela saobraćaja na autoput i alternativni put,
Osnovni kriterijumi ekonomskog vrednovanja sa aspekta opšte društvenih interesa, poređenje interne stope rentabiliteta i oportunitetne cene kapitala u odnosu ISR $\geq$ OCK, kao i uslov da je čista sadašnja vrednost kapitala veća od nule (ČSV>0), su u potpunosti zadovoljeni.
Rezultat modelske analize za ispitivane kombinacije ulaznih parametara koje ima osnovna varijanta, koja podrazumeva pun profil autoputa i prognozirano saobraćajno opterećenje za planski period od 20 godina, je vrednost interne stope rentabiliteta ISR=12,2% i neto sadašnja vrednost od NSV=230.05.
Što se tiče opravdanosti gradnje sa finansijsko-tržišnog gledišta odnosno upoređujući podatke o čistom prihodu od putarine sa troškovima realizacije projekta, vidi se da troškovi premašuju vrednost mogućeg prihoda od naplate putarine u planskom periodu od 20 godina. Promenom usvojenih vrednosti za naknadu putarine, dužim vremenskim periodom eksploatacije, većim saobraćajnim opterećenjem, kao i najviše smanjenjem troškova građenja može se očekivati i veća finansijska isplativost.
Iako se Studijom opravdanosti izgradnje završava proces izrade planske dokumentacije, može se smatrati da ni ovi zaključci nisu konačni, već da ukazuju na određene činjenice i osetljivost promene određenih parametara. Ovde se prvenstveno misli na prognozu saobraćajnog opterećenja koje igra značajnu ulogu u analizi.
Promene koje se dešavaju na međunarodnom planu svakako će uticati i na saobraćajne tokove, odnosno na zahteve velikih transportera u Evropi i posebno u Turskoj, Bugarskoj i Srbiji, koji su svi zajedno, istorijski i ekonomski upućeni na najkraću vezu centralne i jugoistočne Evrope, koridor **X^{c}** , čiji deo je i posmatrani autoput E-80, čime bi se područje posmatranja saobraćajnih tokova i budućih saobraćajunih zahteva proširilo.

Konačan zaključak podrazumeva izgradnju novog autoputa u punom profilu i zadržavanje postojećeg puta sa izgradnjom dela koji je iskoričćen kao druga strana autoputa.

Literatura:

1.Institut za puteve a.d. Beograd
Generalni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad (1999.god)

2.Institut za puteve a.d. Beograd
Idejni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad-Dolinska varijanta(2006.god)

3.Saobraćajni Institut CIP Beograd
Idejni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad-Brdska varijanta(2006.god)

4.Institut za puteve a.d. Beograd
Idejni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad-
Studija opravdanosti (2008.god)

5.Institut za puteve a.d. Beograd
Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Prosek-Crvena Reka (2008.god)

6.Geoput doo Beograd
Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Crvena Reka-Čiflik (2008.god)

7. Saobraćajni Institut CIP Beograd
Idejni i Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Ćiflik-Staničenje (2008.god)

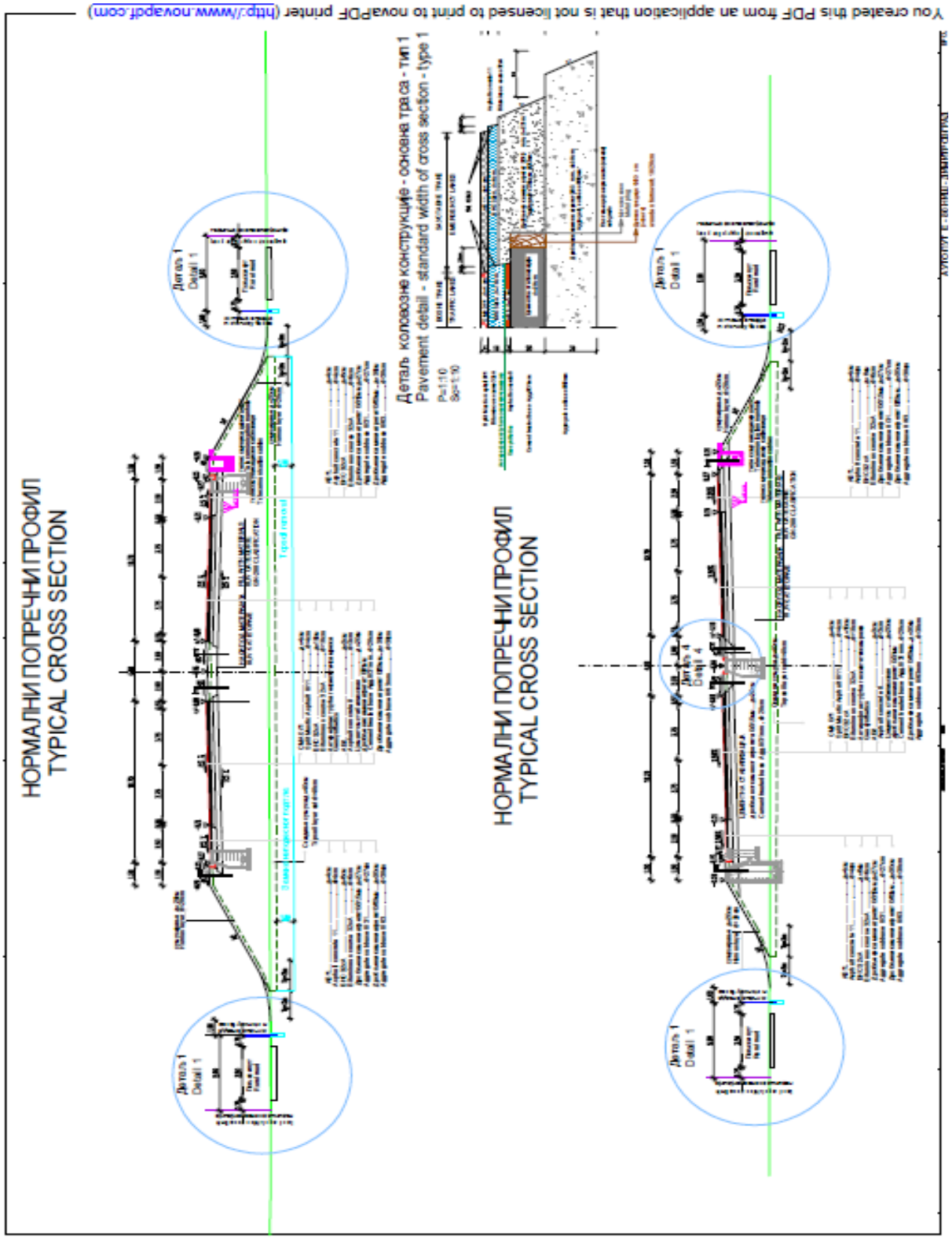
8. Institut za puteve a.d. Beograd
Idejni i Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Staničenje-Pirot (Istok) (2008.god)

9. Institut za puteve a.d. Beograd
Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Pirot (Istok)-Sukovo (žel.stan) (2008.god)

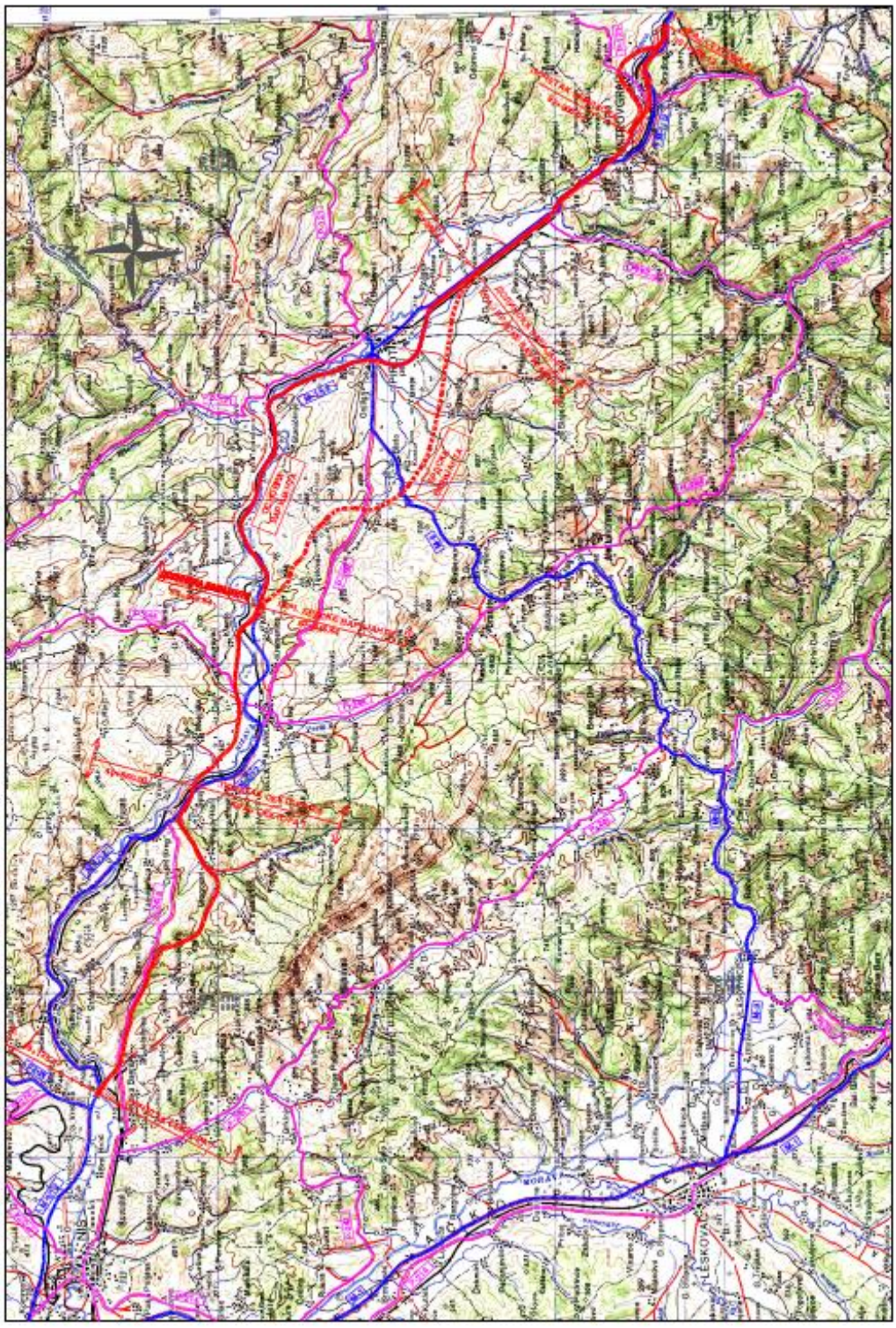
10. Saobraćajni Institut CIP Beograd
Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Sukovo (žel.stan)-Dimitrovgrad (2008.god)

11. Institut za puteve a.d. Beograd
Idejni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Obilazak dimitrovgrada (2008.god)

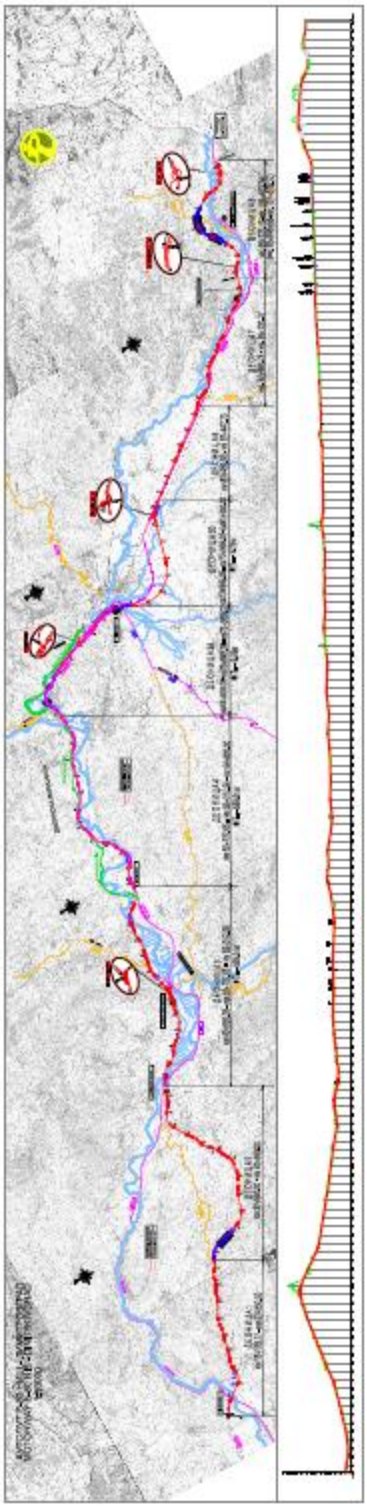
12. Institut za puteve a.d. Beograd
Glavni projekat Autoputa Niš-Dimitrovgrad
Deonica: Obilazak dimitrovgrada (2009.god)



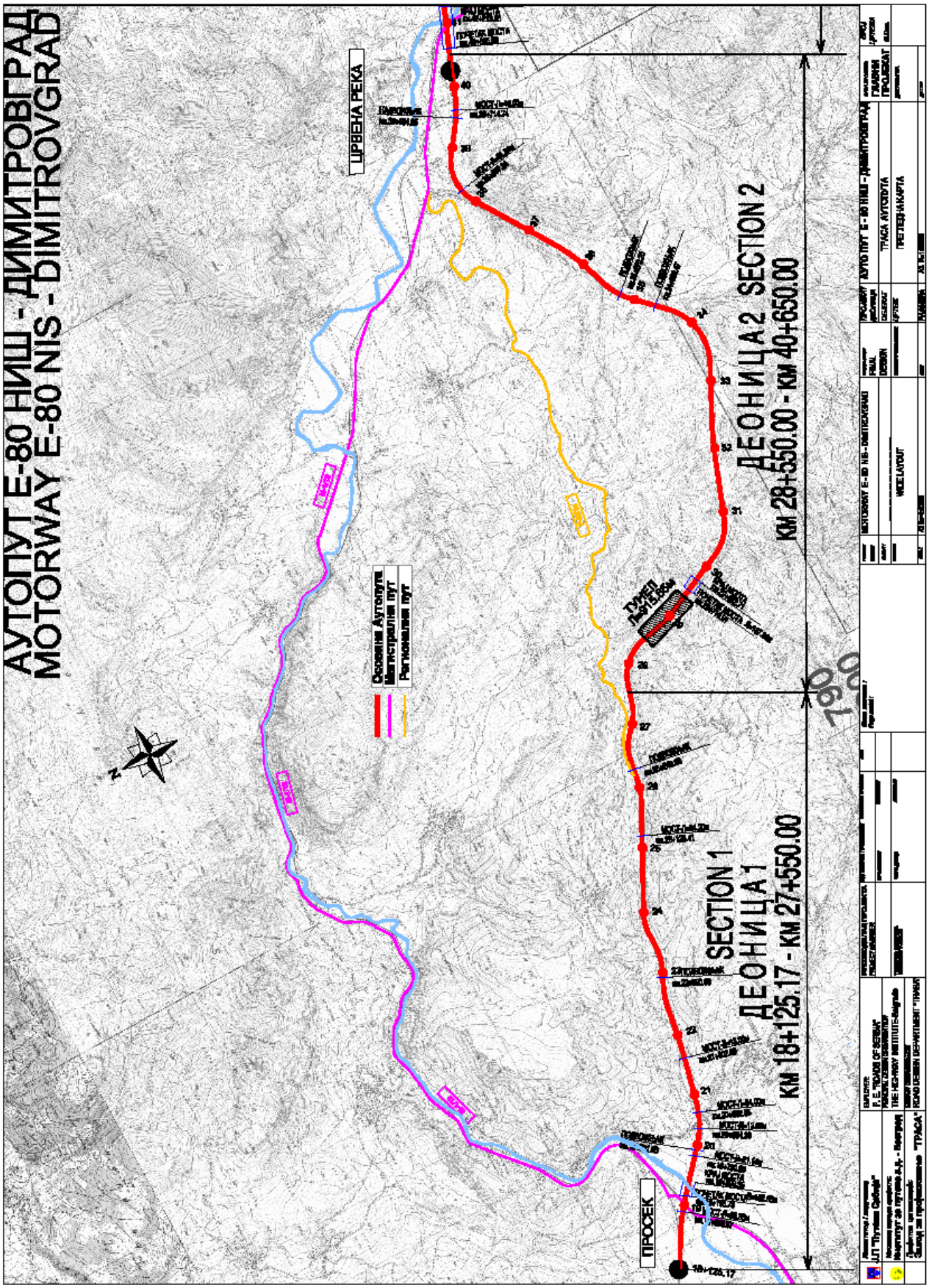
PRILOG 1. Normalni poprečni profil



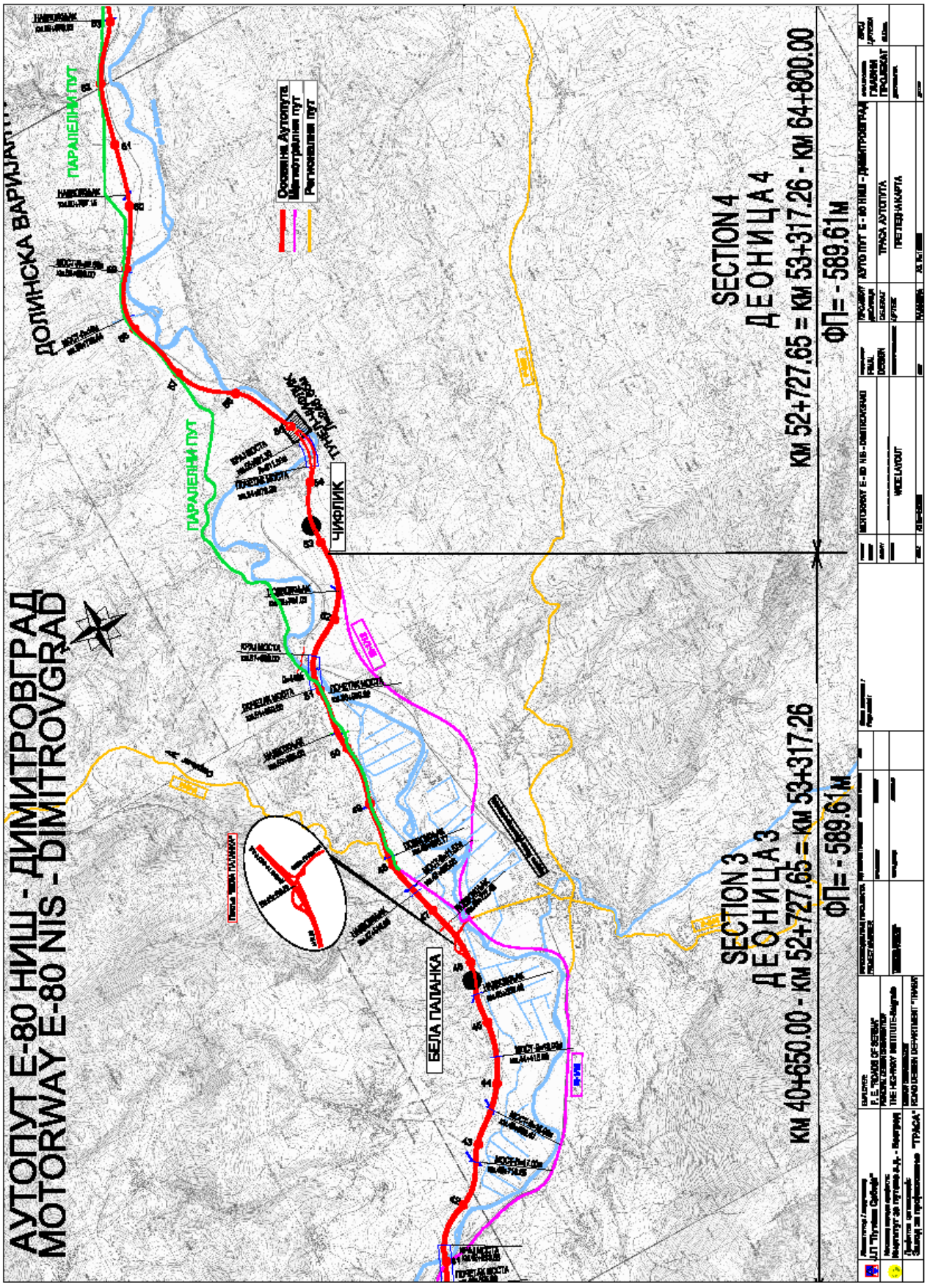
PRILOG 2. Pregledna karta



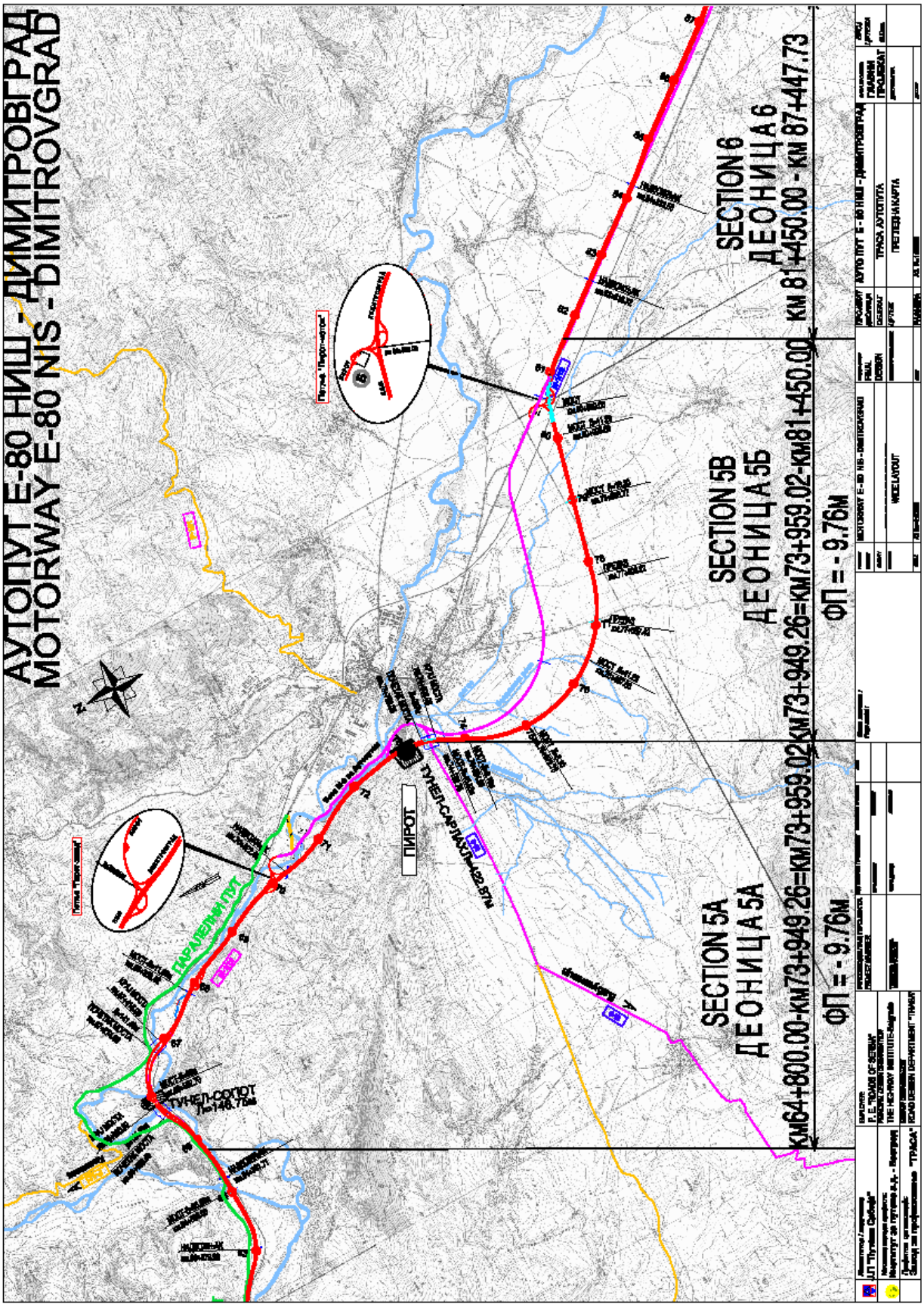
PRILOG 3. Pregledni siuacioni plan i podužni profil



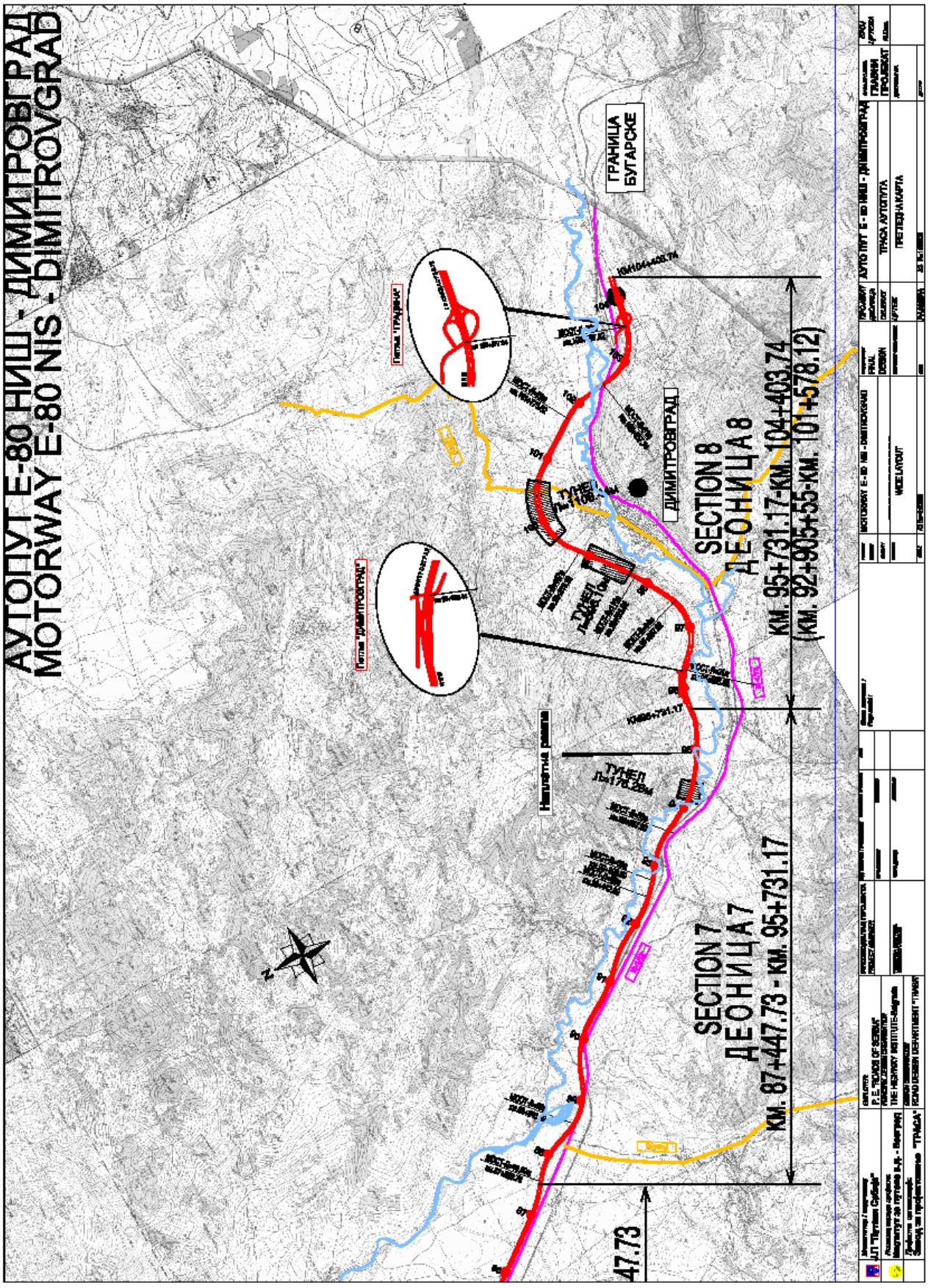
PRILOG 4a. Siuacioni plan



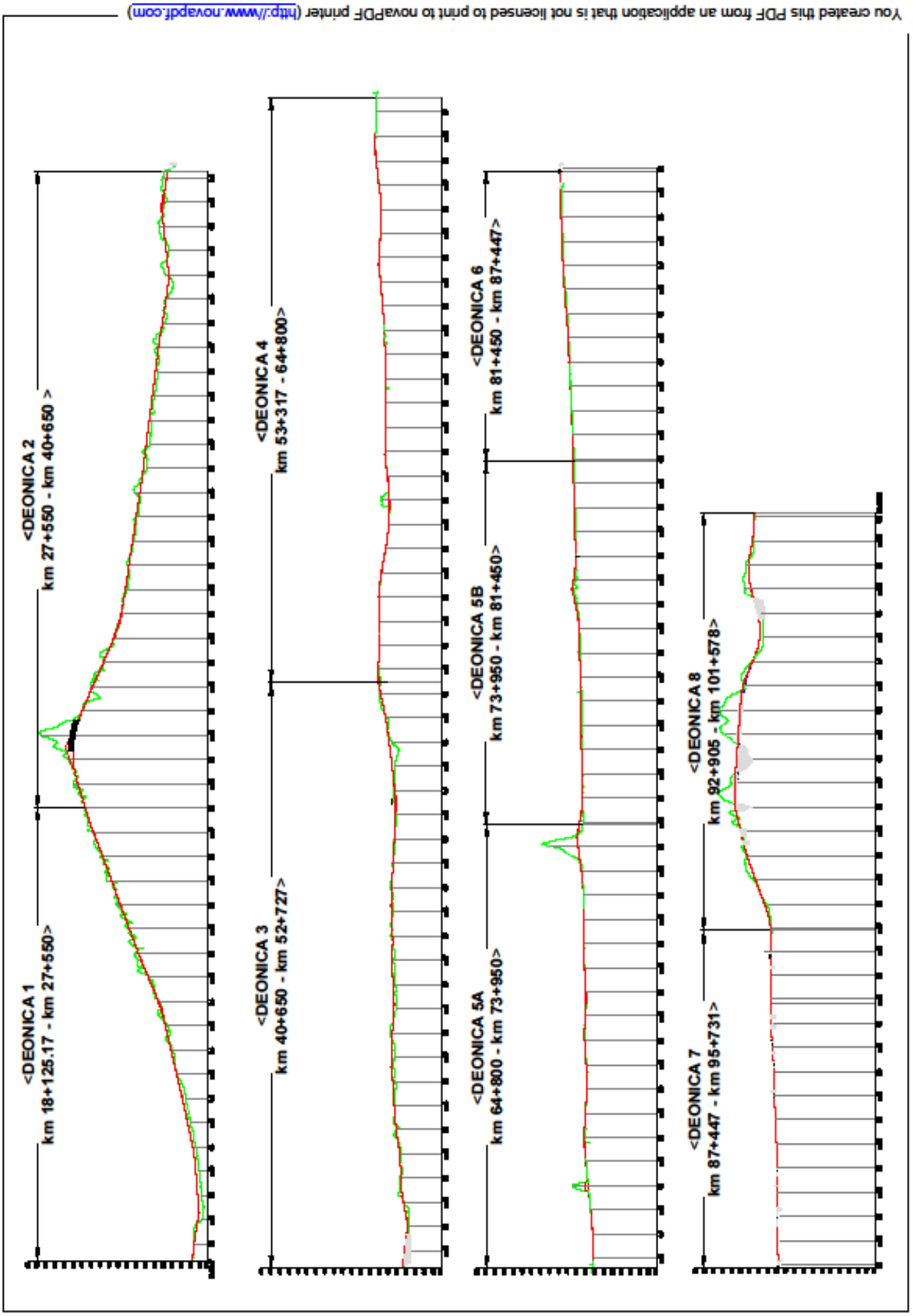
PRILOG 4b. Siuacioni plan



PRILOG 4c. Siuacioni plan



PRILOG 4d. Siuacioni plan



PRILOG 5. Podužni profil

HIJERARHIJSKA KONTROLA PRISTUPA NA DRŽAVNE PUTEVE - OBAVEZA PLANERA/PROJEKTANTA

Dušan Savković[1], dipl.građ.inž.

Rezime: *Nekontrolisani pristup glavnoj saobraćajnici posredno usporava saobraćajni tok i stvara različite tipove saobraćajnih nesreća, s obzirom da vozila pokušavaju da napuste ili pređu glavne pravce. Ovakvi pokušaji moraju biti ograničeni i treba im obezbediti kontrolisani pristup na primarnu mrežu. Ovaj rad za cilj ima da pokaže neophodnost multidisciplinarnog pristupa u izradi početnih planskih osnova u zavisnosti od ranga puta i stanja na terenu.*

Ključne reči: *putna mreža, planska dokumentacija, kontrola pristupa, bezbednost saobraćaja, saobraćajni tok.*

ENGLISH

Dusan Savkovic[1],M.Sc.C.E.

Abstract: *Uncontrolled access to the main route directly slows down traffic and causes various types of traffic accidents, because drivers are trying to leave or enter the main route. This behaviours have to be limited and should have controlled acces to road network. Goal of this paper is to show neccessity of multi-disciplinary approach in preliminary stages of plans and designs, according to importance of the route and its condition.*

Key words: *road network, plans, access control, road safety, traffic.*

1. UVOD

Tokom istorije razvoja saobraćaja transportna sredstva i njihova infrastrukura su prošle mnoge faze evolucije i napretka. Drumski transport kao i svi drugi za cilj imaju prevoz robe i ljudi do odredišta u što kraćem roku, sa visokim nivoom komfora i bezbednošću. S obzirom na stanje putne mreže Republike Srbije, objektivno gledano i generalno posmatrajući, ni u jednom od ova tri kriterijuma nismo na zadovoljavajućem nivou. Uzroci ovakvog stanja su neadekvatan pristup identifikaciji i prioritizaciji ključnih problema, praćenih dugom istorijom nedovoljnih sredstava za ulaganje u nove putne pravce i što je još značajnije nedovoljnih sredstava za održavanje postojeće putne mreže.

2. UPRAVLJANJE PRISTUPOM NA DRŽAVNE PUTEVE

Upravljanje pristupom je sistemska kontrola položaja pristupa, njihovog međusobnog rastojanja, projektnih elemenata kako pristupnih tačaka - raskrsnica, tako i sagledavanja funkcionalnih karakteristika deonica putnog pravca u okviru putne mreže.

Svrha upravljanja je da omogući bezbedan i efikasan pristup korisnicima na putnu mrežu.

Sam koncept upravljanja se bazira ne samo na posmatranju autoputeva i ostalih primarnih saobraćajnica, već i na kontroli pristupa za sve rangove puteva u putnoj mreži.

Sa aspekta planiranja, predstavlja usaglašavanje hijerarhije uspostavljene na državnoj mreži puteva, sa regionalnim i lokalnim planovima i strategijama.

Da bi počele da se upotrbljavaju mnogobrojne tehnike upravljanja kontrolom pristupa, potrebno je pre svega usaglasiti zvanične propise i zakone o putevima sa stanjem na terenu.

2.1. Klasifikacija puteva – osnov kontrole pristupa

Klasifikacija puteva u Republici Srbiji je podeljena na:

a) Funkcionalnu klasifikaciju
   Razlikuju se četiri vrste puteva prema osnovnim funkcijama:

[1] *Institut za puteve ad Beograd, d.savkovic@highway.rs*

- pristupni putevi (PP)
- sabirni putevi (SP)
- vezni putevi (VP)
- daljinski putevi (DP)

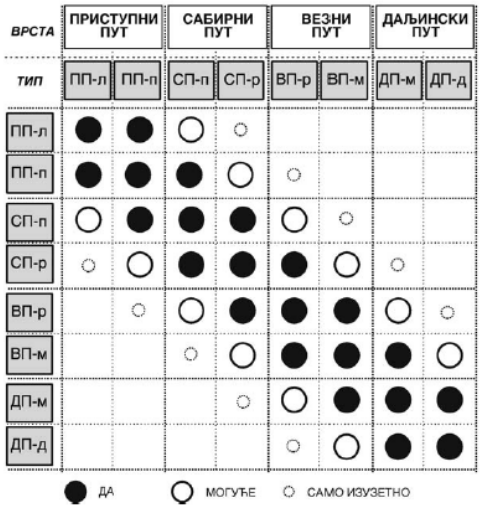
Zavisno od prostornog nivoa na kome se odvija funkcija puta, četiri navedene vrste puteva formiraju osam funkcionalnih tipova:

- pristupni putevi lokalni (PP-l)
- pristupni putevi područni (PP-p)
- sabirni putevi područni (SP-p)
- sabirni putevi regionalni (SP-r)
- vezni putevi regionalni (VP-r)
- vezni putevi međuregionalni (VP-m)
- daljinski putevi međuregionalni (DP-m)
- daljinski putevi državni, međudržavni (DP-d) .

b) Administrativna klasifikacija
- državni putevi I reda (Ia i Ib)
- državni putevi II reda (IIa i IIb)
- opštinski putevi.

c) Klasifikacija prema vrsti saobraćaja,
d) Klasifikacija prema uslovima terena i
e) Klasifikacija prema karakteru saobraćajnih tokova.

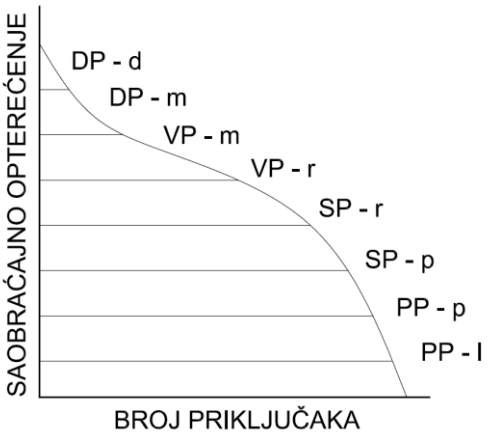
Sa ovako uspostavljenom klasifikacijom puteva formira se hijerarhijsko uređenje putne mreže.



Slika 1. *opšti uslovi povezivanja funkcionalnih tipova puteva u hijerarhijski uređenu putnu mrežu.*
Izvor: "Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta", Službeni Glasnik 07/2011

Ključni element za upravljanje putnom mrežom je upravljanje kontrolom pristupa

Kontrola pristupa putnom potezu (deonici) višeg funkcionalnog tipa je preduslov za ostvarenje zahtevanog kvaliteta protoka i održanja potrebnih brzina, pa se priključenje ostvaruje na ograničenom broju raskrsnica uz propisani ritam i vrstu pratećih sadržaja isključivo za potrebe korisnika puta. Na putevima nižeg funkcionalnog tipa (npr. na pristupnim putevima) moguće je čak i pojedinačno priključivanje ivičnih sadržaja, odnosno kontrola pristupa je minimalna.



Slika 2. *broj priključaka u zavisnosti od funkcionalne klasifikacije*

Preporučeni ritam priključaka i površinskih raskrsnica na vangradskoj putnoj mreži je dat u sledećoj tabeli.

Tabela 1. *Minimalna rastojanja priključaka i površinskih raskrsnica*

Minimalno rastojanje priključaka na putnoj vangradskoj mreži							
Daljinski		Vezni		Sabirni		Pristupni	
≥ 1500m		500 - 300m		300 - 150m		50 -30m	
Minimalno rastojanje površ. raskrsnica na putnoj vangradskoj mreži							
Vrask.	50	60	70	80	90	100	(km/h)
ΔL	140	170	205	235	270	300	(m)

Izvor: "Planerski i programski parametri za projektovanje rehabilitacije", Prof. dr Vojo Anđus

2.2. Stanje putne mreže Srbije – hijerarhija, saobraćajne nezgode, kontrola pristupa

Putnu mrežu Srbije čini oko 16,000km državnih puteva I i II reda. Opštinski putevi se procenjuju na oko 24,000km.

Na vangradskim putevima Srbije godišnje se dogodi prosečno 60,000 saobraćajnih nesreća u kojima život izgubi oko 900 ljudi, sa 15,000 teško i lakše povređenih osoba. Na osnovu policijskih izveštaja najčešći uzrok je brzina neprilagođena uslovima puta. Iza ovakve formulacije može da se sakrije mnoštvo faktora, kao što su oštećen kolovoz, nepregledna krivina, nedovoljna jasna saobraćajna signalizacija, nepropisno kretanje drugih vozila koje su posredno uticale na saobraćajnu nezgodu putem „divljih" parkinga, pristupnih, servisnih puteva.

Dosadašnja politika održavanja i ulaganja u postojeću putnu mrežu se uglavnom svodila na tekuće održavanje, rehabilitacije kolovoza i na nekim kritičnim deonicama i nešto proširene intervencije nazvane „pojačano" održavanje.

Osnovni uzrok svemu ovome je permanentni nedostatak sredstava iz budžeta/međunarodnih kredita i sl. Međutim, praćenjem kroz vreme (monitoring) može se doći do zaključka da rezultati ovih intervencija ne da su imali samo kratkoročni efekat, već i negativan.

Tako imamo efekat povećanja broja nastradalih i teško povređenih nakon „presvlačenja" kolovoza na bivšim magistralnim putevima.

U nedostatku sredstava kroz pažljivo i sistematično sagledavanje problema na putnoj mreži moglo bi se doći do boljih rezultata kombinujući dugoročna rešenja (promena geometrije puta, tipa raskrsnice, uvođenje servisnih puteva i sl.) sa uobičajenim kratkoročnim. Lista problema koji postoje na putevima Srbije je predugačka i neće biti predmet ovog rada.

Ipak, osnovni problem od kog ne treba bežati je činjenica da je većina puteva projektovana i izgrađena u prošlosti po principu spajanja dva naseljena mesta prolaskom kroz samo težište centra.

Savremen princip projektovanja pažljivo razdvaja gradske od vangradskih deonica, rešava pristup naselju, hijerarhijski uređuje veze i prilagođava daljinski ili vezni put uslovima koje diktiraju planovi na nivou grada.
S obzirom da većina daljinskih i veznih puteva prolazi kroz same centre naselja, broj priključaka na njih je jednak nivou pristupnih puteva.

Kontrola pristupa na državne puteve u Srbiji dobro funkcioniše na autoputevima. Na ostalim putevima ne postoji. Ne postoji evidencija broja raskrsnica. Postoji spisak čvornih mesta kroz referentni sistem puteva u republici Srbiji. Ali šta je sa svim ostalim?

Da li su svi "divlji" priključci nastali iz neposlušnosti i obesti korisnika puteva ili im nije omogućeno od strane upravljača putem bezbedno priključenje na državni put?

Na osnovu istraživanja rađenih za potrebe projekata pojačanog održavanja, izvršeno je brojanje priključaka i raskrsnica (PiR) na predmetne puteve:

- državni put I-A reda br. 4 (ranije M-5) , deonica: Užice 3 – Kratovska Stena (L=37km) , 163 PiR
- državni put I-B reda br. 14 (ranije M-25) , deonica: Kladovo–Brza Palanka (L=23.6km) , 238 PiR
- državni put I-B reda br. 27 (ranije M-9) , deonica: Vlasotince - Svođe (L=12.5km) , 217 PiR
- državni put I-B reda br. 14 (ranije M-25) , deonica: Zaječar - Knjaževac (L=24.2km) , 388 PiR
- državni put I-B reda br. 23 (ranije M-4) , deonica: Aranđelovac - Krćevac (L=8.7km) , 131 PiR

Rezultati su poražavajući, u proseku imamo 12 pristupnih mesta po km na putevima za brzine od 80km/h.
Što se tiče trokrakih i četvorokrakih raskrsnica ima ih u proseku 1.5 po km.

Broj i ritam raskrsnica je suštinski element kontrole pristupa kao i sredstvo obezbeđenja zahtevanog kvaliteta protoka i potrebnih brzina kretanja vozila.

Posledice ovakvog stanja na putevima neminovno utiče na stabilan veoma visok nivo svih tipova saobraćajnih nezgoda.

2.3. Uloga planera i projektanata ka hijerarhijskom uređenju putne mreže

Saobraćaj se tokom vremena menja, kao i težišta prema kojima se klasifikuje putna mreža. Zadatak prostornih planova je da se baziraju na saobraćajnim analizama i prognozama i da za jedan projektni period determinišu kako rangove puteva, tako i njihove veze.

Planiranje daljinskih i međuregionalnih puteva od značaja po pravilu se nakon usvojenih generalnih projekata definišu u Prostornim planovima područja posebne namene (PPPPN) infrastrukturnih koridora. PPPPN se oslanja na državne strategije (npr. strategija regionalnog razvoja Republike Srbije , strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji, Nacionalna strategija održivog razvoja, Nacionalna strategija privrednog razvoja Republike Srbije i dr.) i ne sme biti u koliziji sa njima.

U okviru PPPPN obavezan deo je funkcionalno i prostorno rešenje raskrsnica. Planom su definisani i ostali ukrštaji sa veznim, sabirnim i lokalnim putevima kojima nije dozvoljen direktan pristup na predmetni put. Ta mesta takođe moraju biti definisana i funkcionalno (prelaz/ prolaz) i lokacijski.

Dalje definisanje ukrsnih mesta veznih i sabirnih puteva se vrši na nivou regionalnih prostornih planova. S obzirom na postojeće stanje, odnosno broj ukrštaja na postojećim putevima u Srbiji, na ovom koraku mora da postoji kvalitetna razrada preuređenja postojećih koridora. Ukoliko za to ima prostora treba zauzeti šire putno zemljište u kome se mogu fizički odvojiti saobraćajni tokovi na glavnom pravcu, pešačka i biciklistička kretanja, kao i predvideti uvođenje servisnih saobraćajnica. U većini slučajeva ovi putevi su ujedno i glavne ulice naseljenih mesta, neretko su semaforizovane ili sa nebezbednim pešačkim prelazima, u zonama škola i sl. Tada se mora analizirati šire područje, planirati i projektovati nove obilaznice naseljenih mesta. Novi put preuzima ulogu glavne arterije, a postojeći put predstavlja glavni sabirni put.

Na nivou opštinskih planova definišu se ukrsna mesta saobraćajnica najnižeg ranga i ona moraju biti u skladu sa regionalnim planom.

2.4. Uspostavljanje upravljanja pristupom

Upravljanje pristupom se postiže nakon sinhronizovanih aktivnosti u okviru planerskih, regulatornih i projektantskih strategija. Osnove metode su:

a) Politika, direktive i smernice

Državni i lokalni organi mogu usvojiti posebne politike, direktive ili uputstva koje su direktno ili indirektno vezane za upravljanja pristupom. Pitanje upravljanja može se rešavati smernicama, ali je problem što oni nemaju zakonodavnu snagu. Stoga na državnom nivou se formira politika upravljanja i ona, zajedno sa sveobuhvatnim planovima lokalne zajednice, dobija zakonsku snagu.

b) Propisi

Propisi za upravljanje pristupom mogu se baviti različitim aspektima upravljanja pristupa, kao što su lokacije i razmak veza, projektna rešenja pristupnih veza, razmak saobraćajne signalizacije, zahtevi priključaka i ukrštaja , denivelisanih raskrsnica, kao i dozvole za pristup. Ovi propisi mogu da imaju oblik sveobuhvatnog pristupa i da važe za sve rangove saobraćajnica. Sa dobro razrađenim propisima nema potreba za smernicama.

c) Sticanje prava pristupa

Upravljač putevima ima pravo da izdaje rešenja o pravu pristupa, a sve u skladu sa politikom, direktivama i smernicama/propisima. Sticanje prava pristupa po pravilu treba da bude dugotrajan i skup proces, ali predstavlja jedino dugotrajno rešenje.

d) Regulative u skladu sa razvojem zemljišta

Uz upravljanje pristupom i projektnim rešenjima, neophodno je da se prilikom zoniranja novih industrijskih, komercijalnih i rezidencijalnih sadržaja koji se pojavljuju u zoni puta usaglasi potreba novih korisnika i njihova veza sa postojećim ili projektovanim saobraćajnicama, a sve u cilju hijerarhijskog uređivanja.

e) Provera razvoja i procena uticaja

Neki apekti upravljanja pristupom mogu biti rešeni i tokom izgradnje. Ukoliko se pokaže potreba za faznim rešavanjem predmetne lokacije kojoj je neophodan pristup, lokalne samouprave, prema državnim direktivama mogu da u skladu sa stepenom razvoja nekog područja da zabrane, odobre ili modifikuju pristup.

f) Projektna rešenja

Geometrija raskrsnica, sevrisnih puteva, dodatnih traka za skretanja, uvođenje razdelnih ostrva za kanalisanje saobraćaja su od suštinske značaja za definisanje kontole pristupa. Rešenja moraju biti u skladu sa postojećim propisima i mogu biti prikazana kroz projekte poboljšanja.

2.5. Principi upravljanja pristupom

Ciljevi upravljanja prisrupom mogu se postići kroz sledeće principe:

- Uspostavljanje pojedinačnih sistema upravljanja – u zavisnosti od tipa puta i njegove funkcije u mreži,
- Ograničavanje direktnih pristupa glavnim putevima,
- Promovisanje hijerarhije raskrsnica – npr. raskrsknice sa autoputem su uvek denivelisane, na brzim saobraćajnicama moguće uvođenje kružnih raskrsnica na jednom putnom pravcu i sl.,
- Uređenje saobraćajne signalizacije i poboljšanje vođenja saobraćaja,
- Očuvanje prostora oko površinskih i denivelisanih raskrsnica,
- Smanjenje broja konfliktnih tačaka u zoni raskrsnice,
- Razdvajanje konfliktnih područja,
- Uvođenje traka za leva skretanja, sa fizičkim razdvajanjem smerova,
- Obezbeđivanje kretanja pešaka, biciklista i vozila za opsluživanje sadržaja u istom profilu sa glavnim pravcem.

2.6. Efekti upravljanja saobraćajem

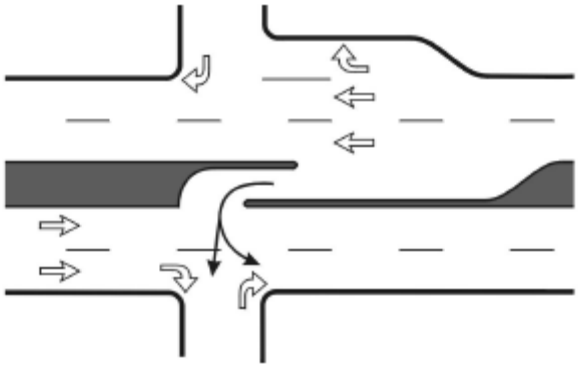
Ključni efekti uspešnog upravljanja pristupom su:

- Bezbednost saobraćaja,
- Nivo usluge,

- Ekonomski efekti,
- Razvoj zemljišta i zaštita životne sredine

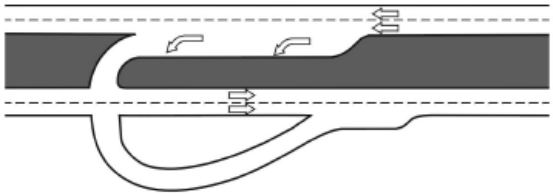
2.6.1. Bezbednost saobraćaja

Povećanje bezbednosti podizanjem nivoa kontrole pristupa je predmet mnogih istraživanja. Gledajući studije rađene u SAD, u periodu istraživanja od 40 godina za primer je uzeta studija iz Kalifornije. Uvođenjem razdelnih ostrva i kanalisanjem saobrćajnih tokova kao merom za pobljšanje kontrole pristupa, smanjio se broj saobraćajnih nezgoda na vangradskim jednotračnim putevima za 42%. Stalnim praćenjem efekata došlo se do zaključka da upravljanje pristupom značajno povećava bezbednost saobraćaja. Ovo se ostvaruje poboljšanjem geometrije raskrsnica, smanjivanjem konfliktnih tačaka i povećanjem vremena reakcije vozača za potecijalni konflikt. Sinteza zaključaka je sledeća:
- Kada se gustina priključaka povećava, povećava se i broj saobraćajnih nezgoda.
- Putevi sa razdelnim ostrvima za kanalisanje saobraćaja u zonama raskrsnica su bezbedniji od puteva bez razdelnih ostrva.



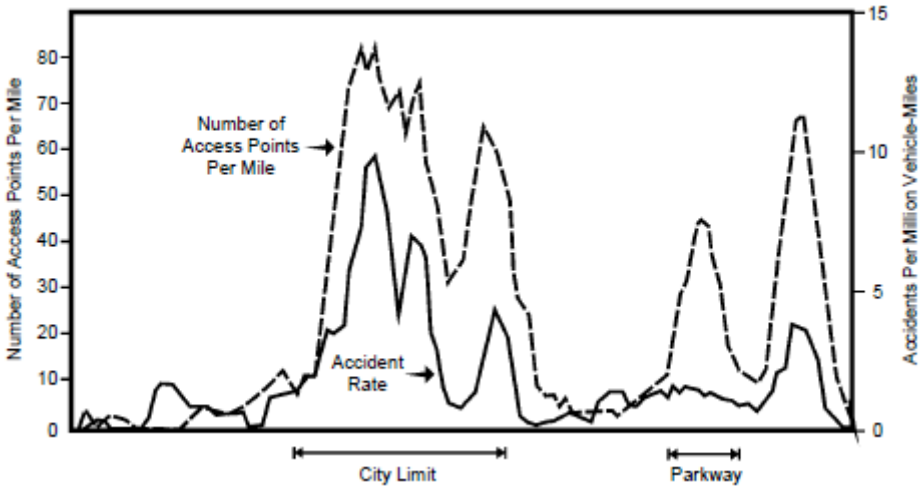
Slika 3. *Kanalisanje saobraćaja razdelnim ostrvima - Šematski prikaz*

- Indirektna leva skretanja su bezbednija od direktnih.



Slika 4. *Indirektna leva skretanja - Šematski prikaz*

- Uvođenjem razdelnih ostrva povećava se bezbednost pešaka.



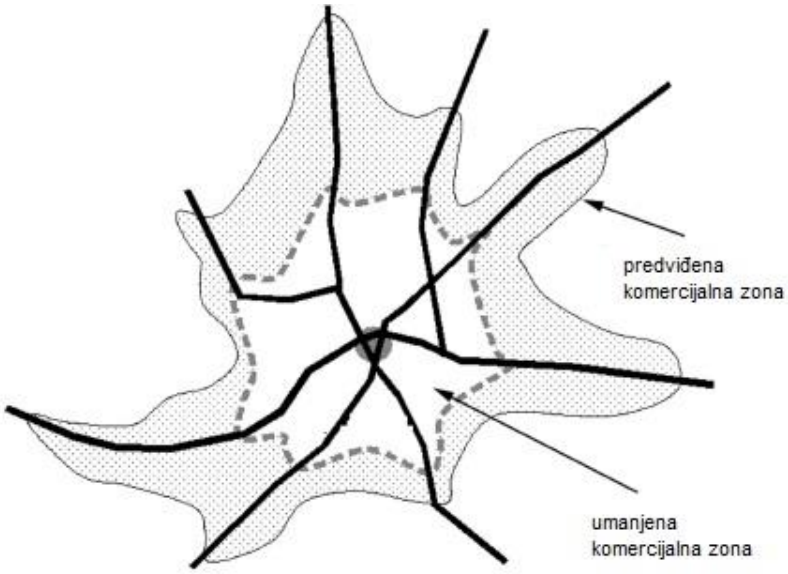
Slika 5. *Upoređivanje broja priključaka po mi sa brojem saobraćajnih nezgoda po mil. vozila*
Izvor: "Analysis of Traffic Accidents Within the Functional Area of Intersections and Driveways.", Lall, B. K., A. Eghtedari, T. Simons, P. Taylor, and T. Reynolds, Technical Report TRANS-1-95. Portland State University, 1995

2.6.2. Nivo usluge

Najveći efekat upravljanja pristupom je na vremenu putovanja. Pravilnom kontrolom na glavnom saobraćajnom toku se održavaju očekivane brzine i postiže traženi nivo usluge.

2.6.3. Ekonomski efekti

Ekonomski efekti du direktno zavisni od vremena putovanja i indirektno od smanjenja broja saobraćajnih nezgoda. Takođe dobrom organizacijom saobraćaja svi sadržaji koji su vezani za put imaju bolje uslove za razvoj poslovanja, čime se i vrednost zemljišta povećava, tj. lokacije postaju atraktivnije za korisnike. Ekonomska studija je osnovni element svake analize.



Slika 6. *Efekti povećanja vremena putovanja na zonu poslovanja*

2.6.4. Razvoj zemljišta i zaštita životne sredine

Sa pravilno razvijenom mrežom i kontrolom pristupa vrednost zemljišta u zonama uz put raste i privlači nove investicije. Polazno stanovište svakog investitora je da zahteva atraktivnu lokaciju sa rešenom infrastrukturom. Takođe sa promenom geometrije priključaka i raskrsnica, proširivanjem zona preglednosti, pravilnim vođenjem saobraćaja, saobraćajnom signalizacijom, postižu se estetski efekti.

Kontrolom pristupa na postojećim putevima povećaće se funkcionalne karakteristike, a samim tim smanjuje se potreba za izgradnjom novih. Dakle izbegavanjem izgradnje novih obilaznih puteva, nemamo ponovno trajno zauzeće zemljišta i njegov negativan uticaj na životnu sredinu. Takođe sa održavanjem brzina na glavnom putnom pravcu i smanjenjem vremena potrebnog za uključenje i isključenje, smanjuje se potrošnja goriva i emisija zagađujućih materija.

3. ZAKLjUČAK

Odgovornost za sprovođenje kontrole pristupa na putevima snosi upravljač puta. Kompleksnost celog procesa se ogleda u tome što se prepliću nadležnosti države, lokalne samouprave, javnih preduzeća, nevladinih organizacija. Osnovni pokretači urbanog razvoja su planeri, inženjeri raznih struka i arhitekte. Sa druge strane imamo investitore, državne i lokalne zvaničnike, zainteresovane građane i organe pravosuđa. U interakciji svih ovih učesnika nastaju strategije, politike i direktive upravljanja pristupom.

Prvi korak ka ostvarivanju cilja bila bi sveobuhvatna analiza kompletne putne mreže. Identifikacija problema i njihova prioritizacija su polazni osnov za pripremu rešenja za svaki slučaj ponaosob. Ovim poslovima ne mogu da se bave bilo kakve organizacije. Upravljač puteva nema kapacitet da pokrene, organizuje i koordinira ovaj dugotrajni procesu. Brigu o putevima, kao jednom od najvrednijih resursa koji svaka zemlja ima, po pravilu se u svim razvijenim zemljama bave državni Instituti za puteve.

Literatura

[1] Anđus V., Katanić J., Maletin M. , 1983*., Projektovanje puteva,* Građevinska knjiga, Beograd

[2] 2011*., Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta*, Službeni Glasnik 07/2011

[3] 2004., *Highway Design Manual*, New York DOT

[4] 2003*., Access Management,* Transportation research board, Washington D.C.

[5] Anđus V., 2003., *Planerski i programski parametri za projektovanje rehabilitacije,* Rehabilitacija vangradskih puteva – okrugli sto, Beograd

[6] 2009., *Planning and Designing Access to Developments,* British Columbia. Ministry of Transportation and Infrastructure

[7] 2009., *Priručnik – Strateško planiranje u sektoru puteva,* JP Putevi Srbije

[8] 1995., *"Analysis of Traffic Accidents Within the Functional Area of Intersections and Driveways.",* Lall, B. K., A. Eghtedari, T. Simons, P. Taylor, and T. Reynolds, Technical Report TRANS-1-95. Portland State University

[9] 2008., *Strategija razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji od 2008. do 2015. godine*, Službeni Glasnik 4/08

[10] 2003., *Road Safety Manual*, AICPR-PIARC

EVALUATION OF TRAVEL TIME DATA COLLECTION AND TRAFFIC MONITORING TECHNOLOGIES FOR A WIDE-AREA NETWORK

Reza Omrani[1], Pedram Izadpanah[2], Goran Nikolic[3], Alireza Hadayeghi[4]

[1] Transportation Engineer, CIMA+, [2] Associate Partner, CIMA+, [3] Ministry of Transportation Ontario, [4] Director, CIMA+

Abstract: *Travel time is the most widely used measure of traffic. Most road authorities have programs to conduct travel time studies to quantify effect of their capital investments in terms of travel time improvements and to identify traffic bottlenecks, which require road improvements in the future. The objective of this paper is to evaluate travel time data obtained from three technologies, namely Bluetooth, in-vehicle navigation systems, and mobile phone probes; against travel time obtained from the GPS equipped probe vehicles. In this research, data were obtained for the Province of Ontario for freeways, arterials, and ramps from commercial data providers. A multi-criteria statistical methodology was developed to evaluate data from each data provider based on accuracy, coverage, number of observations, and ability to provide data for special facilities such as high occupancy vehicle lanes. The findings of this research suggest that all three technologies were capable of replacing the traditional GPS equipped probe vehicles. This paper offers several recommendations regarding the use of travel time data from different data providers.*

Keywords: *Travel time, GPS equipped probe vehicles, Bluetooth, in-vehicle navigation systems, mobile phone probes.*

1. INTRODUCTION

Travel time is the most widely used measure of traffic performance. Most road agencies have programs to conduct travel time studies to quantify effects of their capital investments in terms of travel time and to identify traffic bottlenecks. Most road agencies, such as Ministry of Transportation Ontario (MTO), use traditional labour intensive methodologies to collect travel time information such as GPS equipped probe vehicles. The results of these studies are imperative to the ministry to guide the future directions and strategic improvement requirements, to justify, prioritize, and program new operational and capital work projects, and to monitor the benefits these expansions/improvements have provided to motorists.

Emerging wireless communication technologies and the widespread use of mobile devices and in-vehicle navigation systems provide the opportunity to automatically obtain travel time information over a wide spatial area at significantly lower cost than using dedicated sensors. Automation of the travel time studies has multiple benefits including (1) minimizing the costs associated with data collection; (2) covering a broader area of the transportation network; (3) increasing the data collection time coverage to include year-round information and capture monthly or seasonal variations of travel time; and (4) potentially providing better quality travel time data.

Recent technologies that are able to provide the travel time information include Bluetooth technology, in-vehicle navigation systems, and mobile phone probes with GPS. Although these technologies have emerged into the market since approximately 2007, little independent assessment of these technologies has been rigorously conducted. Therefore the quality and the format of the data available from various data providers are not clearly understood by many road authorities, including MTO.

The main objectives of this paper are to (1) assess various technologies in terms of travel time accuracy, reliability, and sample size requirements compared to the traditional GPS equipped probe vehicle technology, and (2) identify advantages and disadvantages associated with different technologies for various roadway types. To achieve these objectives, travel time data were obtained from various technologies for freeways, arterials, and ramps of the Province of Ontario. These data sources were assessed against a common benchmark, namely travel times obtained using GPS equipped probe vehicles in MTOs biannual Travel Time Studies (TTS). An innovative statistical methodology was developed to compare each data source to the benchmark.

This paper summarizes the results of this evaluation in terms of suitability of each data source for different roadway types and lessons learned from manipulating large amounts of data obtained from vendors including mapping systems, and aggregation of link level traffic metrics to obtain route level traffic metrics. This paper can assist jurisdictions such as MTO to choose the most appropriate data sources to obtain historical wide area travel time information for their network.

[1] Reza.omrani@cima.ca

This paper starts with the description of the study data including characteristics of the traffic data obtained from each data source. Data processing and preparation techniques are discussed next. Finally, the evaluation process is explained followed by conclusions and recommendations.

2. STUDY AREA

The study area included 725 directional km of freeways, 407 directional km of arterials, and 8 ramps within the Greater Toronto Area (GTA), Ontario as shown in Figure 1.

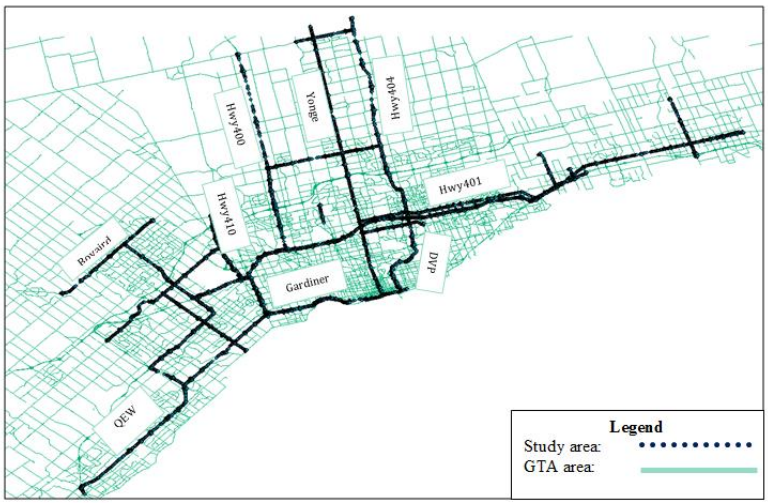


Figure 1. *Study Area*

3. STUDY PERIODS

All data were collected within the periods identified in **Table 1.** *Data Collection Periods* . The AM peak times differ slightly between ramp and highway versus arterial segments.

Table 1. *Data Collection Periods*

Roadway	Period	
	AM	PM
Ramp and highways	6:30 to 9:30	15:30 to 18:30
Arterials	6:00 to 9:30	

4. DATABASES

Three data sources were made available including, in-vehicle navigation system, mobile phone probes with GPS, and Bluetooth technology. The raw traffic data from Bluetooth technology was obtained from the Bluetooth receivers deployed in a sub-section of the study area. Also the data from the other two technologies were purchased from commercial data providers in the market.

One of the objectives of this study is to compare the data obtained from different data sources to the benchmark data which consist of travel time obtained from GPS equipped probe vehicles, collected by MTO in 2010 during the months of September, October, and November. These three months are referred to as the study period throughout the remainder of this paper.

4.1. GPS Equipped Probe Vehicles

MTO has used GPS equipped probe vehicles to collect travel time information for freeways and selected arterials using the average car technique, in which the surveyors are required to operate their vehicle in any available general travel lane at a mainstream speed. During the surveys, the GPS receivers generally recorded data at a polling interval of 3 seconds. The GPS output file was then mapped with the study area in MapInfo® to identify possible GPS signal loss locations and anywhere where the surveyors might have gone off course.

In order to improve the accuracy of the collected data, a minimum number of runs was determined using a look-up table for different level of confidence and average range in running speed [1]. The ITE methodology recommends a minimum of 5 runs for each road section and 95% confidence interval. The data were collected during the AM and PM peaks of weekdays to capture travel times experienced by commuters, on weekends to obtain information for future lane closures related to construction and maintenance activities, and on the Canada Day and the Labour Day holiday weekends to capture the travel time experienced by motorists travelling for recreational purposes.

4.2. Bluetooth Technology

Bluetooth receivers were installed on a sub-section of the study area along a few arterial corridors and freeway to freeway ramps. Once Bluetooth enabled devices are in range of one of the receivers, the Media Access Control ID (MACID) of the Bluetooth device and the timestamp associated with this event were recorded. Then the MACIDs are matched between two consecutive Bluetooth receivers to calculate the travel time of individual vehicles.

4.3. In-Vehicle Navigation Systems

The data from in-vehicle navigation systems were purchased from a data provider, which has millions of navigation devices in use around the world with a comprehensive historical database of traffic information. The service provider has developed a service which provides historical traffic information (e.g. travel time, speed, standard deviation of travel time, standard deviation of speed, etc.) about transportation networks to potential customers in various geographical areas in the world.

The data obtained from this provider included two components: (1) network data and (2) traffic data. The network data were obtained in the form of a GIS map that were then geo-referenced to the following traffic data: average travel time, standard deviation of travel time, average speed, standard deviation of speed, number of observations, and percentiles of speed from 5% to 95% in increments of 5% (i.e. 5th percentile speed, 10th percentile speed, etc.). The traffic data were aggregated for every hour and for every day in the study period (e.g. every Monday from 7 a.m. to 8 a.m.). As a result, the data provided neither contained travel times of individual vehicles which travelled each roadway segment during the study period nor travel time for each individual day (e.g. October 3rd, 2010 from 7 a.m. to 7 a.m.). The primary source of traffic information was passenger cars and the technology was similar in nature to traditional travel time studies conducted by MTO (the benchmark).

4.4. Mobile Phone Probes with GPS

These data were also purchased from a data provider that uses a proprietary data fusion engine to process various sources of data and generate traffic information. The data is in a very similar format (i.e., network data in a GIS format and traffic data) to that of the previous data provider with the following exceptions:

- This data provider was able to provide 15 minute aggregated data for each day in the study period (e.g. aggregated data for 7:00 AM to 7:15 AM for all Mondays);
- Average travel time and standard deviation of travel time were not explicitly provided. It should be noted that average travel time and standard deviation of travel time (or variance of travel time) can be estimated from average speed and variance of speed (3).

5. DATA PROCESSING AND PREPARATION

In this section, the traffic data gathered from various data providers are validated in order to maintain the database consistency with the benchmark and prepare the database for comparison between each data source and the benchmark.

5.1. Bluetooth Data

The Bluetooth data required processing in order to remove outlier observations. Examples of outlier data would be vehicles making a stop or taking a detour between two detector stations. Since these vehicles would experience atypical travel times, these observations were therefore removed from the dataset. The following two-phase filtering approach was used to accurately capture travel time outliers collected from Bluetooth receivers.

5.1.1. Filtering Phase 1

In order to filter the database for uninterrupted traffic facilities (i.e. ramps), all travel times greater than 3.5 times the Free Flow Travel Time (FFTT) were eliminated. This cut-off value was selected because as this value increases, the observations which pass through the filter marginally increase. It should be noted that the FFTT was estimated based on the posted speed limit. The filtering threshold was decided according to the FFTT and also the collected data pattern. Figure 2 illustrate the results of applying the first-phase filtering on a ramp segment.

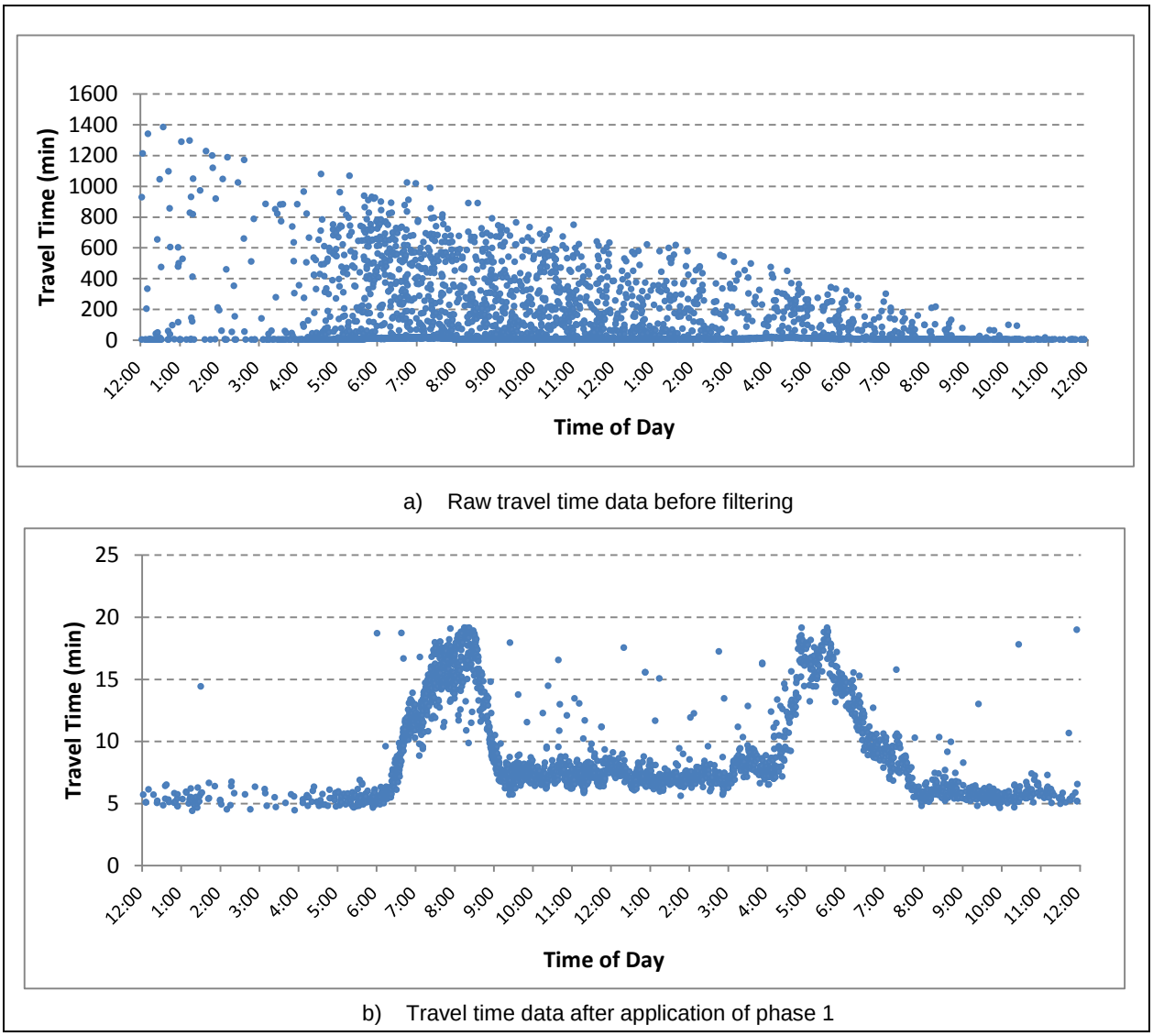


Figure 2. *The Application of Phase 1 Filtering on a Ramp Section*

5.1.2. Filtering Phase-2

The objective of the filtering in Phase 1 was to eliminate exceeding large travel times, almost all of which are hypothesized to be associated with vehicles that made en-route stops or did not travel the expected route. The focus of Phase 2 was on identifying valid travel time data within each sampling interval (e.g. 2 minutes) with a dynamically varying validity window, based on average and variance of travel time (minimum and maximum acceptable travel time). In this paper, an innovative statistical methodology - proposed by Dion and Rakha - was adopted to detect Bluetooth travel time outliers [2]. Applications of the algorithm to freeway and arterial links demonstrated the ability of the proposed algorithm to efficiently track typical variations in average link travel times. This algorithm determines average travel times between successive Bluetooth receivers by first ignoring all duplicate records that might be generated by the communication equipment, and then by applying a series of filters to the collected travel times to remove invalid observations. The algorithm considers any observed travel time as invalid if it falls outside a validity range that is determined based upon the following four factors:

- Expected average trip time and trip time variability in future time interval
- Number of consecutive intervals without any readings since the last recorded trip time
- Number of consecutive data points either above or below the validity range and
- Variability in travel times within an analysis interval

Figure 3a shows the application of the Phase 2 filtering algorithm to the data resulting from the Phase 1 filtering. The solid lines represent the validity range. All observations falling outside of these validity bounds are labeled by the filter as outliers and removed from further analysis. Figure 3b shows the remaining data deemed valid after the filtering processes have been applied. Note that the Phase 2 filtering algorithm was able to correctly follow the underlying travel time increases during peak periods and consequently remove outliers.

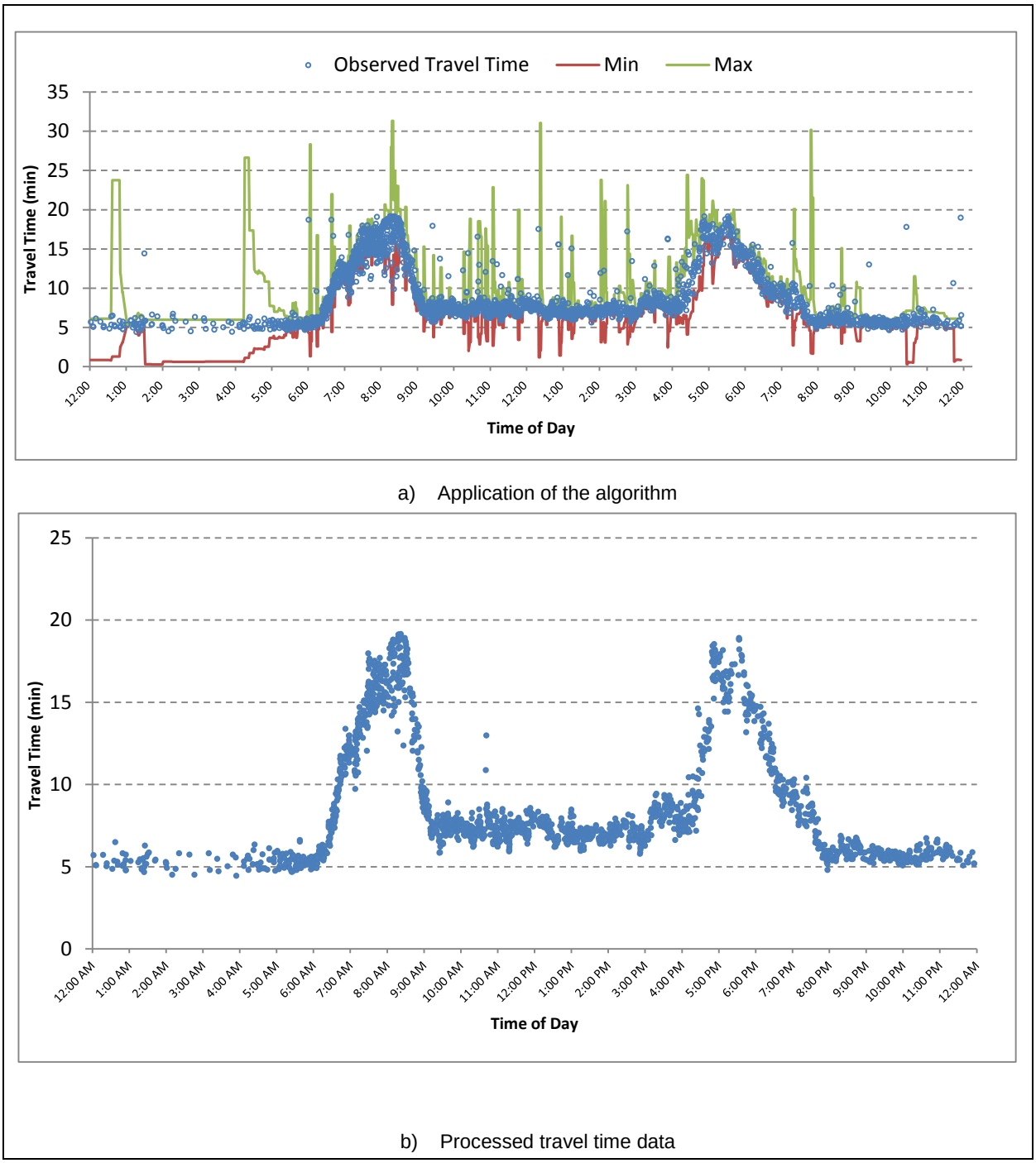


Figure 3. *Application of the Phase 2 Filtering Algorithm (Ramp)*

6. EVALUATION

The following criteria were used to evaluate each data provider against the benchmark:

- Accuracy
- Coverage

- Number of observations
- Special facilities (Express vs. Collector, HOV vs. GPL)

6.1. Accuracy

This section describes the general approach for evaluation of alternative technologies in terms of accuracy. In order to evaluate whether the average travel times estimated from Bluetooth technology were statistically different from the average travel time obtain from the benchmark, F-test and t-test were conducted. The F-test was used to conduct a hypothesis test for equality of variances of the two samples (Bluetooth and benchmark). The t-test was used to test the equality of two means regardless of the variances. Based on F-test, t-test, and 95% confidence interval, average travel times obtained from the Bluetooth receivers and the benchmark were compared for AM and PM peak periods. It should be noted that for the Bluetooth technology, the receivers were installed in the network to exactly match the road segments in the benchmark. However, as described before, for the other two technologies (i.e. In-Vehicle Navigation Systems and Mobile Phone Probes with GPS), the link lengths in the study (for which travel time information were available from the data providers) are smaller than the segmentation of the benchmark data. As a result, multiple consecutive links in data providers' maps may constitute one road segment in the benchmark. Therefore, the traffic data of links which constitute one road segment should be aggregated to calculate performance measures for each road segment.

To calculate travel time of each road segment, the trajectory method was used [3, 4]. In this method travel time of the segment for time interval t is built by adding travel time of links associated with the time interval when the average vehicle which departed the segment in time interval t arrives to the link.

$$L_s = \sum_{i=1}^{l} L_i \tag{3}$$

Where,

L_s = Length of Segment *s*

L_i = Length of link *i*, $\forall i = 1, \cdots, l.$

The average travel time that a hypothetical average vehicle experiences on link i when the vehicle departs segment s during time interval t is denoted by $\tau_i(t)$ which can be calculated using the following equation:

$$\begin{aligned} &\tau_1(t) = \overline{T}_1(t) \\ &\tau_2(t) = \overline{T}_2\left(t + \tau_1(t)\right) \\ &\vdots \\ &\tau_l(t) = \overline{T}_l\left(t + \tau_1(t) + \cdots + \tau_{l-1}(t)\right) \end{aligned} \tag{4}$$

Where:

$\overline{T}_i(t)$ = Average travel time for link *i* during time interval *t*

Consequently, the average travel time of vehicles which depart segment s during time interval t can be calculated using the following equation:

$$\overline{T}_s(t) = \sum_{i=1}^{l} \tau_i(t) \tag{5}$$

In the benchmark, travel time data exist for AM and PM Peaks rather than travel time associated with a time interval. Therefore, average travel times calculated for segment s associated with each time interval must be aggregated to calculate average travel time of vehicles for each time period (i.e. AM and PM). The following equation can be used to calculate average travel time of vehicles for segment s during time period p:

$$\bar{T}_s^p = \frac{1}{t^*}\sum_{t=1}^{t^*}\bar{T}_s(t) \tag{6}$$

Where t^* denotes the number of time intervals in time period *p*.

Variance of travel time for each road segment was calculated as the sum of variances of links which constitute the road segment. It should be noted that the covariance of travel time associated with road segments should have been considered. But, the magnitudes of covariance terms were unknown. The following equations present the variance of travel time for link *i* and time period *p*, and variance of travel time for segment *s* during time period *p*.

$$V_{pooled,i}^{T,p} = \frac{\sum_{t=1}^{t^*}\left(n_i^t - 1\right)V_i^T(t)}{\sum_{t=1}^{t^*}\left(n_i^t - 1\right)} \tag{7}$$

$$V_s^{T,p} = \sum_{i=1}^{l} V_{pooled,i}^{T,p} \tag{8}$$

Where:

$V_i^u(t)$ = Variance of speed for link *i* during time interval *t*,

n_i^t = Number of observations for link *i* and time interval *t*.

Average and variance of speed for each road segment were estimated based on average travel time and variance of travel time calculated for the road segment using the methodology proposed in *(3)*. In this method, the average speed is calculated as average travel speed which is the ratio of the total segment length over the average travel time of the road segment.

$$\bar{u}_s^p = \frac{L_s}{\bar{T}_s^p} \tag{9}$$

The variance of speed can also be calculated using the following equation *(3)*:

$$V_s^{u,p} = \frac{V_s^{T,p}}{\left(\bar{T}_s^p\right)^4} \times \left(L_s\right)^2 \tag{10}$$

After calculation of the average and variance of speed and travel time using the above equations, the degree of freedom of variance of speed and travel time should be calculated.

Suppose that we are interested in comparing the travel time observations of two different technologies (A and B) along segment s. The degree of freedom for travel time for technology A is calculated as follows:

$$df_{s,A} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{a} V_{i,A}\right)^2}{\sum_{i=1}^{a}\frac{V_{i,A}^2}{df_i}} \tag{11}$$

Where:

$V_{i,A}$ = The estimated variance of average travel time on link *i* for technology A

a = number of segments along segment *s* for technology A

The same equation can be implemented to calculate the degree of freedom of variance of average travel time along segment s for technology B. A hypothesis test of mean (t-test) was then conducted for each road segment in the study area to evaluate whether there was any evidence to suggest that the average travel time of the road segment obtained from each data provider was different from the benchmark at a 95% confidence interval. The hypothesis test for comparing means is as follows:

$$\left|\frac{T_{s,A}-T_{s,B}}{\sqrt{V_{s,A}+V_{s,B}}}\right| > t_{v,\alpha/2} \quad \text{Reject} \quad \mu_{r,A}=\mu_{r,B} \tag{12}$$

$$v=\frac{(V_{s,A}+V_{s,B})^2}{\frac{V_{s,A}}{df_{s,A}}+\frac{V_{s,B}}{df_{s,B}}} \tag{13}$$

Where:

$\mu_{s,A}, \mu_{s,B} =$ The mean of average travel along segment *s* for technology *A* and *B*

$T_{s,A}, V_{s,A} =$ The estimated average travel time and its variance along segment *s* for technology A, calculated as follows:

$$T_{s,A}=\sum_{i=1}^{a} T_{i,A} \tag{14}$$

$$V_{s,A}=\sum_{i=1}^{a} V_{i,A} \tag{15}$$

The same equations can be implemented for the hypothesis test of comparing variances:

$$\frac{V_{s,A}}{V_{s,B}} > F\left(\alpha, df_{s,A}, df_{s,B}\right) \quad \text{Reject } \sigma^2_{s,A}=\sigma^2_{s,B} \tag{16}$$

It should be noted that the above equations provide an approximation to the degree of freedom. Furthermore, the test for comparing variances is an approximate F test.

6.1.1. Results of Accuracy Evaluation

Based on the methodology described in the previous section, each data source was compared to the benchmark and the evaluation results for each technology are presented in this section.

Bluetooth Technology The data obtained from the Bluetooth technology and the benchmarks (GPS data) were compared using the statistical tests. Figure 4 present a visual comparison of average travel time between Bluetooth and GPS data (benchmark) for the selected ramp segments, during AM and PM peak periods. Based on the comparison results for all road sections (ramps and arterials) during AM and PM peak periods, no evidence was found to conclude that the average travel time obtained from the Bluetooth units and the benchmark were statistically different at a 95% confidence interval.

In-Vehicle Navigation Systems and Mobile Phone Probes with GPS Figure 5a and Figure 5b represent visual comparisons of cumulative travel time and speed profile for an arterial route (which consists of multiple road segments) between the benchmark, in-vehicle navigation system, and mobile phone probes with GPS, during the study period respectively. As can be seen in the figures, the data obtained from both the in-vehicle navigation systems and mobile phone probes with GPS closely matches the benchmark data. The results of the t-test for the average travel time indicated that there was no evidence to conclude that the data obtained from in-vehicle navigation system data source were statistically different from the benchmark for at least 90% of freeway segments, 97% of arterial segments, and 100% of ramps. For mobile phone probes with GPS, the results of the t-test for mean suggest that there was no evidence to conclude that the data obtained from this

data source are statistically different from the benchmark for 91% of freeway segments, 98% of arterial segments, and 100% of ramps.

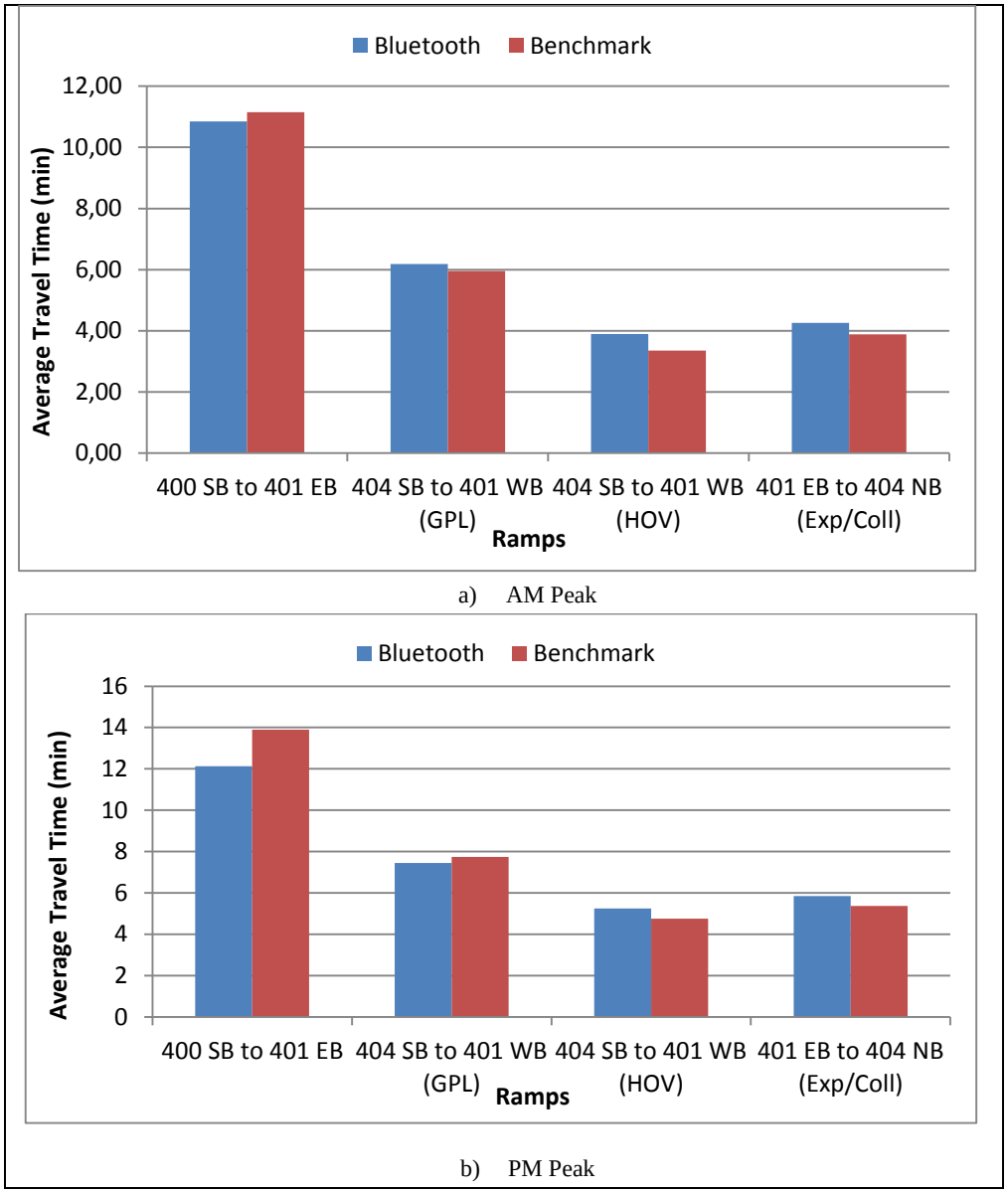


Figure 4. *Visual Comparison between Bluetooth and GPS for Ramps Segments*

6.2. Coverage

In terms of coverage, Bluetooth units were found to cover the area where the receivers were deployed. As for the other two data providers, traffic data were generally available for the study area. The in-vehicle navigation system data and mobile phone probes with GPS data were missing traffic data for 2.9 km and 9.4 km of the study area respectively.

6.2. Number of observations

The average number of observations for each data source can be a measure of robustness. Figure 6a and Figure 6b present a side-by-side comparison of average observation per peak period between various data providers and the benchmark, for arterials and freeways respectively. Results from Figure 6 revealed that sample size for mobile phone probes with GPS technology is significantly higher than other providers.

6.3. Special Facilities

Another important factor is the ability of the new data sources to differentiate between traffic data for express and collector lanes or High Occupancy (HOV) versus General Purpose Lanes (GPL). The Bluetooth

receivers were not generally able to differentiate between GPL and HOV lanes. However, if at least one of the Bluetooth receivers could be installed isolated to capture only the vehicles on collector lanes or express lanes, it may be possible to differentiate between vehicles travelling on the collector lanes and express lanes. The other two data sources were able to separate traffic data for express and collector lanes. However, both data sources failed to provide data for HOV versus GPL lanes.

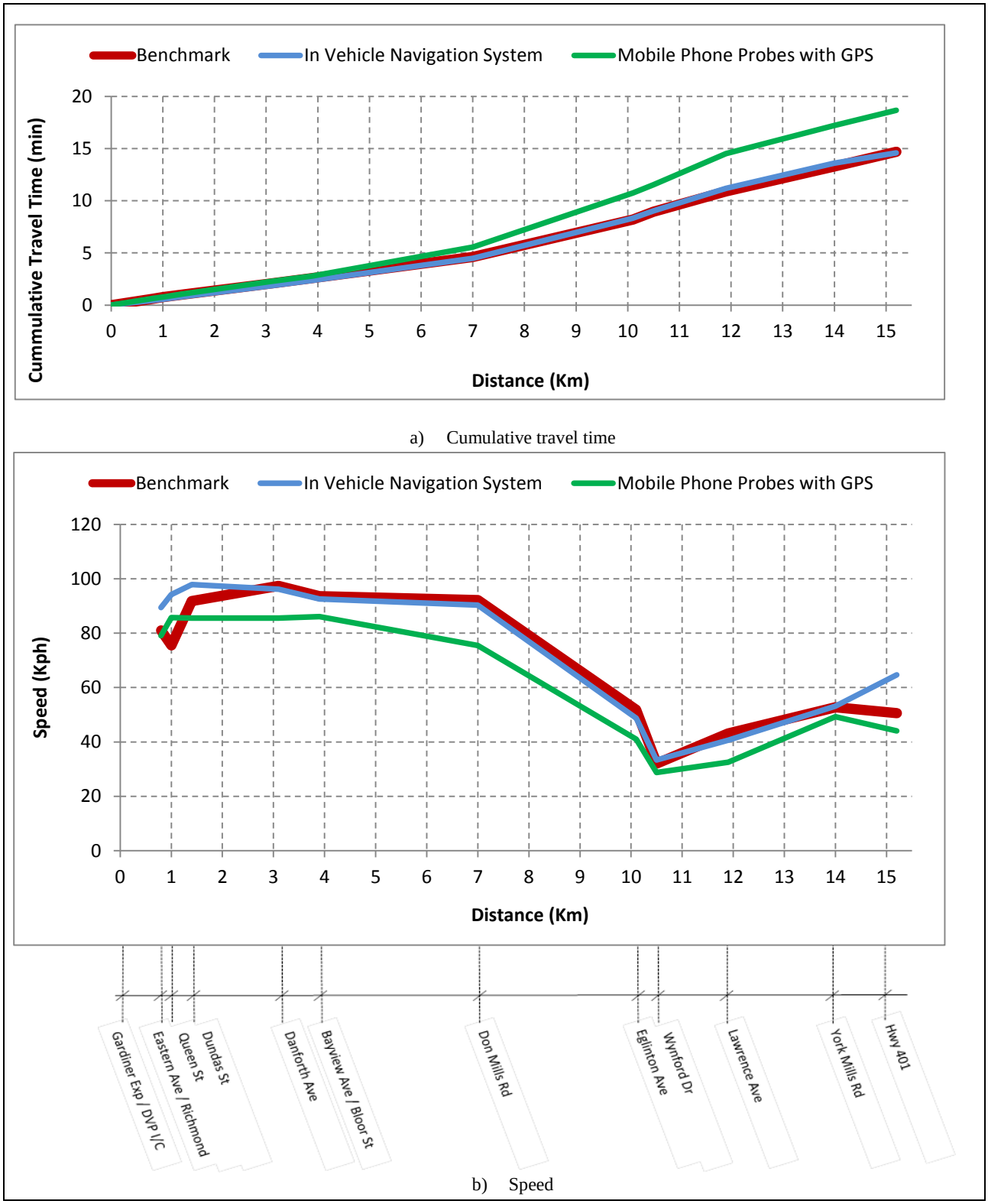
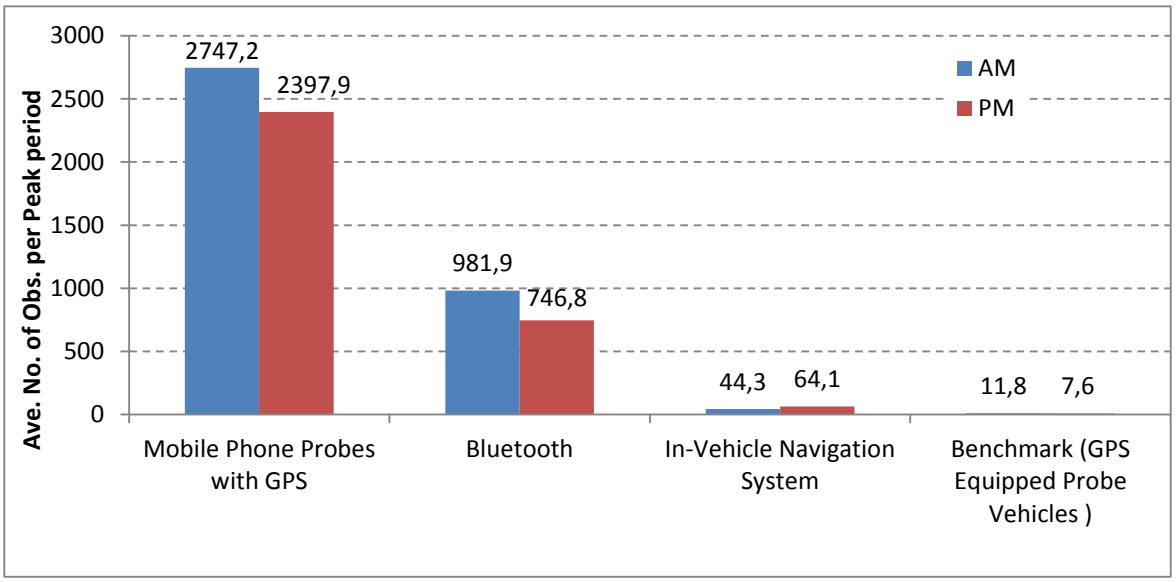
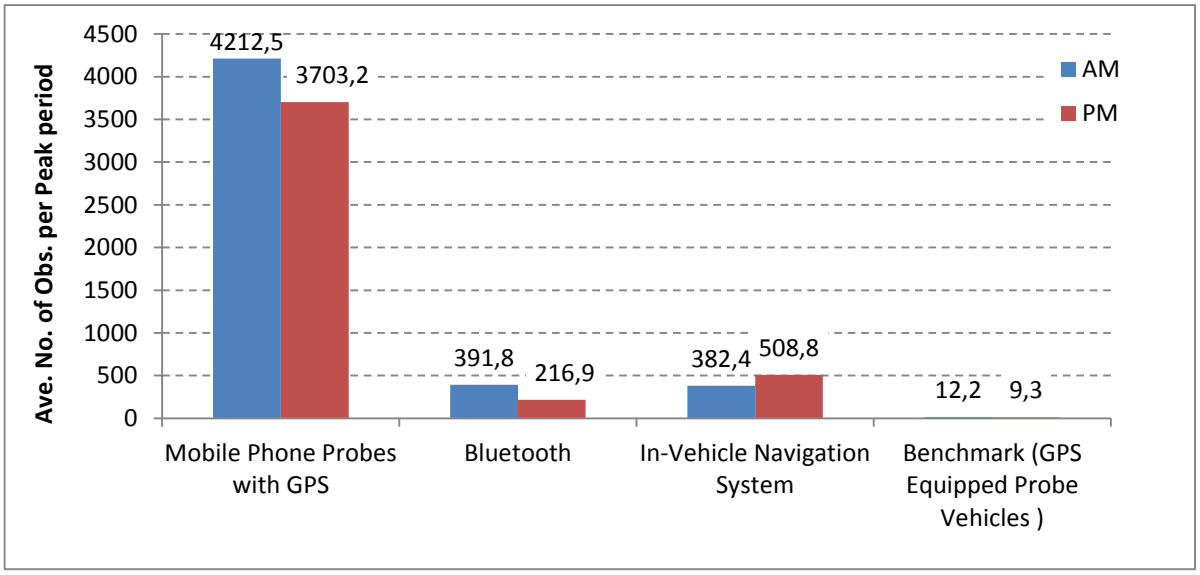


Figure 5. *Cumulative Travel Time and Speed for Don Valley Parkway Northbound During AM Peak Period*



a) Arterial



b) Highway

Figure 6. *Average Observations per Peak Period for Highway and Arterial Sections*

3. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In this paper, three data sources were introduced to obtain wireless traffic information over a large-scale area within the GTA in Ontario in order to potentially replace the traditional and labour intensive GPS equipped probe vehicles for collection of biennial travel time information for MTO. The three technologies evaluated in this paper were: Bluetooth technology, in-vehicle navigation system and mobile phone probes with GPS technology. In this study, the data obtained from these data sources were evaluated against the 2010 MTO travel time study benchmark. Network and traffic data were obtained for different road types (freeways, arterials, and ramps) for the study area for the same time period as the benchmark.

The traffic data obtained from each provider had to be temporally and spatially matched with the benchmark for direct comparison between each data source and the benchmark. The spatial matching posed a number of challenges because the GIS maps used by providers could not be directly matched the segments in the benchmark. Four evaluation criteria were used namely, accuracy, coverage, number of observations, and ability to provide data for special facilities. To evaluate in-vehicle navigation system and mobile phone probes with GPS technology against the benchmark, an innovative statistical methodology was developed.

In terms of accuracy, no sufficient evidence was found to conclude that the average travel time obtained from all data sources was different from the average travel time from the benchmark for at least 90% of links. This finding is valid for all road types (freeways, arterials, and ramps). It should be noted that the benchmark in this study include limited number of observations for each road segment obtained from probe vehicles equipped with GPS. As a result, there is no evidence to confirm that the average travel time and average variance of this benchmark are equal to the "truth".

In terms of coverage, the Bluetooth receivers were able to provide traffic data for the selected sub-section of the study area. On the other hand, the other two data sources were able to provide traffic data for most of the study area. In-vehicle navigation system and mobile phone probes with GPS technology had missing traffic and network data for 2.9 km (0.25%) and 9.4 km (0.83%) of the study area respectively.

In terms of number of observations, mobile phone probes with GPS technology had the highest number of observations per road section per peak period with more than 2300 observations for arterial roads and 3700 for freeways. The Bluetooth technology ranked second and in-vehicle navigation system ranked third. It is noteworthy that the number of observations for the benchmark (which is traditionally collected by road agencies) was as low as approximately 10 observations per link per AM and PM time periods. Each of the three data sources evaluated in this research provided significantly more observations. It should also be noted that the real time traffic data can be directly collected from Bluetooth receivers deployed onto the road; however there might be difficulties for collecting real-time traffic data from mobile phone probes such as encouraging smart phone owners use the application for tracking the device. This might highly affect the penetration rate of the mobile phone probes data.

In-vehicle navigation system and mobile phone probes with GPS technology were able to provide traffic data for both collector and express facilities. However, both data sources failed to provide data for HOV lanes separate from the GPL. The Bluetooth technology was found generally incapable of providing data separately for GPL and HOV or express and collector lanes.

As a summary, the data provided by the Bluetooth technology was found the closest to the truth and the most reliable data source, based on accuracy, number of observations, and direct measurement of performance measures from disaggregate data. As a result Bluetooth traffic data can be used to verify performance of other two data sources. However, wide-area deployment of these receivers could to be costly.

Based on the evaluation conducted in this study, the road authorities, at least in Ontario, may use traffic information from the data providers which were assessed. However, there is no evidence to confirm that the benchmark used in this study provides the true travel time experience by motorists. Therefore, it is recommended that Automatic Vehicle Identification (AVI) type technologies such as the Bluetooth technology be used on a number of various road segments with different road types (freeway, arterial, and ramp) for a significantly large time period (e.g. 3 months) to capture the true travel time associated with these road segments. Then the traffic data from these data providers can be evaluated against that truth.

As stated in the methodology to evaluate accuracy of the data obtained from data providers, variance of a segment was a function of variance of each link constituting the segment and covariance between these links. However, the covariance terms were not known in this study. As a future work, it is recommended to investigate the magnitude of travel time covariance using the Bluetooth data obtained from the strategic routes.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge financial support for this study from the Ministry of Transportation Ontario particularly Mr. Ho Lik Iu and Mr. Roy Hulli.

REFERENCES

[1]. Institute of Transportation Engineers (ITE). (2000). Manual of Transportation Engineering Studies, pages 55-56.

[2]. Dion F., and H., Rakha. (2006). Estimating dynamic roadway travel times using automatic vehicle identification data for low sampling rates. Transportation Research Part B: Methodological, 40 (9), pp. 745-766.

[3]. Hayya, J., D. Armstrong, D. and N. Gressis, N. *A Note on the Ratio of Two Normally Distributed Variables*. Management Science, Vol. 21, No. 11, 1975, pp. 1338-1341

[4]. Izadpanah, P. *Freeway Travel Time Prediction Using Data from Mobile Probes*. Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo, Ontario, 2010.

ИЗВОЂЕЊЕ ТУНЕЛА " БАНЦАРЕВО "

Слободан Савић [1]

[1] *Институт за путеве а.д. , s.savic@highway.rs , sloba_trasa@yahoo.com*

Резиме: У раду су описани проблеми са којима се сусрео извођач радова " Subterra a.s." при извођењу радова на изградњи тунела Банцарево. Ови проблеми су резултат другачијег распореда литолошких слојева од оног датог у прогнозом геолошком профилу главног пројекта.Рад се односи на проблематику источног портала тунела Банцарево , који је пројектован да се ради у отвореном ископу(cut & cover) . У посебном осврту дати су и неки закључци везани за тунелски ископ .

Кључне речи: тунел, пешчар, деградиран, инклинометар, конвергенција

1.Увод

Тунел Банцарево је део новог Пан Европског Коридора 10 који спаја градове Ниш и Димитровград(аутопут Е-80) , даље Софију.Тунел је лоциран на северо-источним обронцима планинског комплекса-Сува Планина, у близини Нишке Бање.Тунел је средње дужине - 700м
Пројектована метода градње је конвенционална флексибилна метода са применом млазног бетона, ремената и SN сидара различитог пречника(PØ20-PØ28) и различите дужине (L = 5.0m – 10.0m)



слика бр. 01-Ситуација тунела

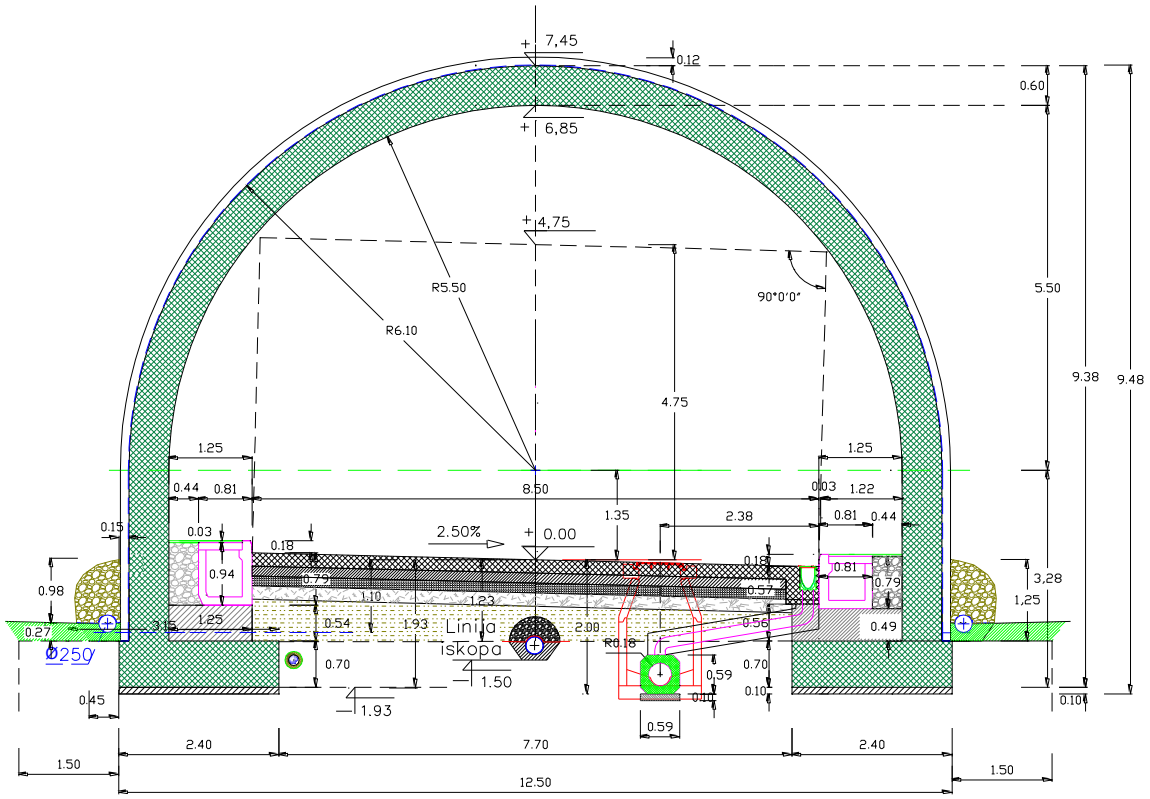
2.Геолошка грађа терена у зони тунела

У геолошком смислу тунел пролази кроз комплекс црвених седимената , сачињених од кречњачко-песковитих-прашинастих седимената повезаних глиновитим и гвожђевитим везивом ---такозвани Црвени Пермски Пешчар. Формације су знатно оштећене ,пре свега услед интензивне тектонске активности подручија. Тектонска оштећеност је карактеристична и за дубље делове терена.Наиме зоне релативно свежих пешчара се ритмички смењују са партијама различитог степена испуцалости и деградираности.
Дробинска фракција представљена фрагментима пешчара и алевролита , величине 1,3,5-15см,појављивала се периодично и локално целом дужином тунела.
Ископ тунела предвиђен је да се ради машински и минирањем. Минирање није примењено јер су се целом дужином тунела појављивале мекше структуре црвених пешчара које су могле да се копају машински , врло прцизно и контролисано.
На улазно излазним деловима тунела , који су пројектом предвиђени да се раде по систему “ Cut&Cover “(Ископај –Изведи-Затрпај) велики проблем су представљале деградиране зоне ослабљеног црвеног пешчара , које су биле лоциране у подножју високих јаруга на Источном порталу. Јаруге на Западном порталу су биле повезане са раседним зонама бочних долина.
Управо ове дубоке јаруге , су биле препрека за долазак гарнитуре за бушење и узимање узорака у фази израде пројектне документације. Пошто гарнитура није могла да приђе локацији , прогнозна литолошка заступљеност је рађена на основу гео - физичких података.

3.Карактеристике тунела

Дужина тунела : Десна цев L = 705м, Лева цев L = 678м
Излицитирана инвестициона вредност 19,8 мил. евра
Пројектант тунела : Институт за путеве а.д
Извођач радова : Subterra a.s.

Right tunnel tube - cut and cover



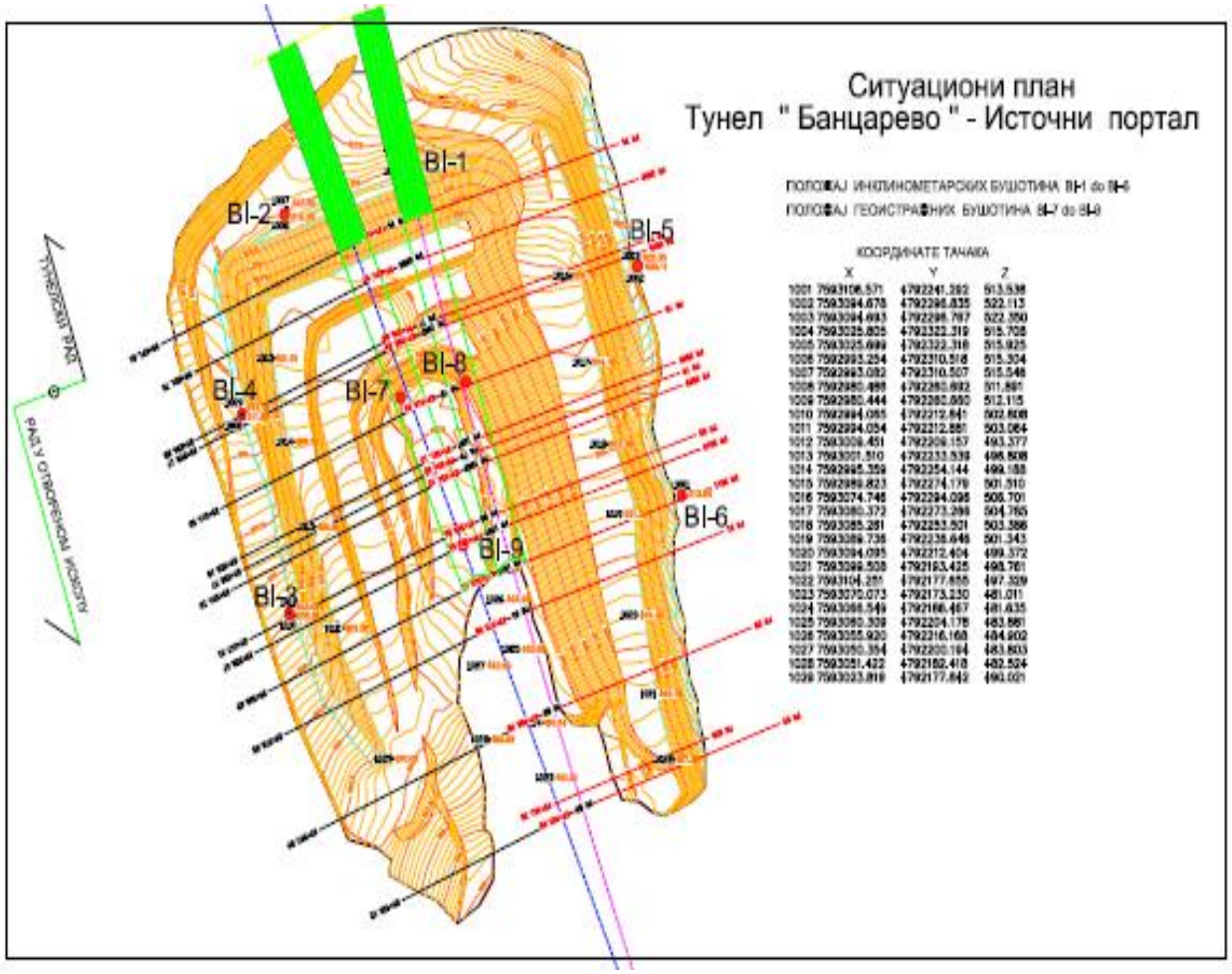
4.Почетак извођења тунела – Источни портал

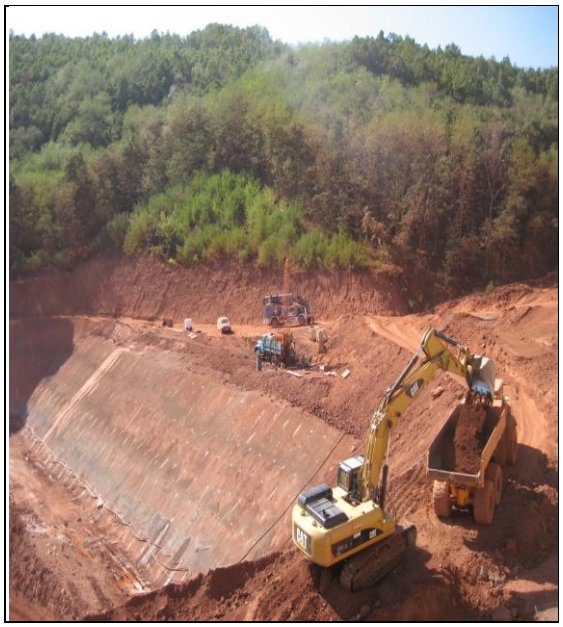
Извођење тунела је почело у марту 2012.год.
Приликом ископа тунела – источни портал ст. 29+ 275.00 до ст. 29+363.66 , затечена је делом другачија (измењена) геолошка ситуација -литологија у односу на прогнозни геолошки профил дат у главном пројекту . Ова разлика се огледала у другачијој заступљености слојева (другачија литолошка распоређеност) гледано од површине ископа према дубини. Први утисак је био да је литолошка структура остала иста ,али да су слојеви заменили место .
Радови на ископу су обустављени у првој недељи августа месеца 2012 године да би се ова измењена геолошка ситуација што боље сагледала и прецизније дефинисала.
Ова измена се огледа у следећем :
1- Слојеви Ppš* (Комплекс пешчара , алевролита и глинаца- танко слојевитих , слојевитих, банковитих и средење испуцалих) као и слојеви Ppš (Комплекс пешчара , алевролита и глинаца- танко слојевитих , слојевитих, банковитих и слабо испуцалих) се на основу ископа изведених до сада (прва недеља августа) не појављују нити на левој нити на десној ископној косини.
Треба рећи да се по прогнозном геолошком профилу, који је дат у главном пројекту тунела , ископ великим делом обавља управо по слојевима Ppš* и Ppš.
2- Уместо слојева наведених у тачки 1 , појављују се слојеви Ppš** (Комплекс пешчара , алевролита и глинаца- танко слојевитих , слојевитих, банковитих и јако испуцалих) .

3- На десној ископној косини ,(на основу ископа изведених до сада) , се такође не појављују слојеви Ppš i Ppš* , који су били дати у прогнозном геолошком профилу.

4.1. Додатни геоистражни радови за потребе извођења источног портала

За потребе тачнијег сагледавања затеченог стања, наручена су од стране инвеститора нова геистражна бушења.
Изведено је девет нових геоистражних бушотина и то BI-1 до BI-9.
Истражне бушотине BI-1 до BI-6 су биле планиране за потребе уградње инклинометара .
Дубина инклинометарске конструкције је била од 20м-40м. Пречник инклинометарске цеви је 70мм
По уградњи инклинометарске цеви ,простор између цеви и бушотине био је испуњен зрнастом гранулацијом пречника 1-3мм. На овај начин је успостављен "присан" однос између инклинометарске цеви и околне брдске масе.
Истражне бушотине BI-7 до BI-9 су локациски изабране да би у попречном смислу повезале правце простирања слојева пешчара.
На доњем цртежу су приказане локације нових геоистражних бушотина





слика бр. 02 Инклинометарска бушотина BI-2



слика бр. 03 Инклинометар BI-4



слика бр. 04 Геоистражне бушотине BI-7



Слика бр. 05 Геоистражне бушотине BI-8



*Слика бр. 06 Бушотина BI-4 , Пешчари Ppš**/ Ppš**



Слика бр. 07 Бушотина BI-3 , глина

5. Опис статичке анализе

Статичке анализе су рађене немачким софтверским пакетом " Sofistik " (- www.sofistik.de)
Статичке анализе су рађене за равно стање напона.
Подграда косина се састојала од : Млазног бетона Ммб 30,дебљине д = 10 (12 см) армираног арматурном мрежом Q 335/ Q 221 и SN сидара RØ25, пречник рупе rØ74-rØ76mm , L -8.00/10.0m у међу пољима већ изведених анкера(RØ25 , L -5.00m, e/t = 2.0/2.0m)
Посматрана је Лева косина на стационажи 29+318.00. до друге берме. Висина косине (1:1) до берме износи 20.56м. Висина друге косине(1.2 : 1) до следеће берме износи 6.87м . Укупна посматрана висина ископне јаме износи H = 27.43м. Околни терен је моделиран у седам слојева,који у моделу представљају фазе ископа. Програмски пакет ради тако да за сваку фазу рада(ископа) даје зоне пластификације , померања и силе у елементима пограде, суперпонирајући утицаје те фазе са утицајима из предходних фаза рада.

Урађен је модел са правцима пружања геолошких слојева, изведеном косином и линијом насутог материјала ,који је постављен од стране извођача , да би се спречила могућа већа померања. Анализирани су утицаји до друге берме, која је на контакту са знатно чвршћим тлом , а укупна висина косине која ће се отварати издељена је на седам слојева , просечне висине око H= 2.20м.

Статичке анализе су спроведене у 9 корака и то :

-Први корак је "Почетно стање " (Load 01) које постоји у затеченом стању тла , пре нових ископа .
-Други корак (Лоад 02) је додавање изедених анкера са торкретом , без новог ископа (то су анкери pØ19 , L = 5.00м).
-Трећи корак је ископ првог слоја (Load 03) и наношење подграде.
-Цетврти корак(Load 4) је ископ другог слоја и наношење подграде и тако до деветог корак (Load 09) који је практично ископ последње фазе(седмог слоја) .

Да би се што реалније сагледало напонско стање у тлу вршена је суперпозиција утицаја по фазама. То практично значи да је за сваку фазу рада (осим прве фазе рада) примарно оптерећење оно напонско стање које је остварено у предходној фази рада.
Геолошким срединама дате су следеће вредности улазних параметара:

Делувијална глиновита дробина **d g,dr**
γ = 19.5 Kn/m3
φ° / c = 23 / 0.015 Mpa
Ed = 15-80 Mpa , Usvojeno Ed = 50 Mpa
ɣ = 0.3
Интензивно испуцале зоне пешчара **Ppš****
γ = 23 Kn/m3
φ° / c = 30 / 0.03 Mpa
Ed = 500-1000 Mpa
ɣ = 0.28
Слабо испуцале зоне пешчара **Ppš***
γ = 25 Kn/m3
φ° / c = 33 / 0.05 Mpa
E = 2000-3000 Mpa
ɣ = 0.27

Насути материјал **n**
γ = 20 Kn/m3
φ° / c = 30 / 0.010 Mpa
Ed = 50 Mpa
ɣ = 0.3

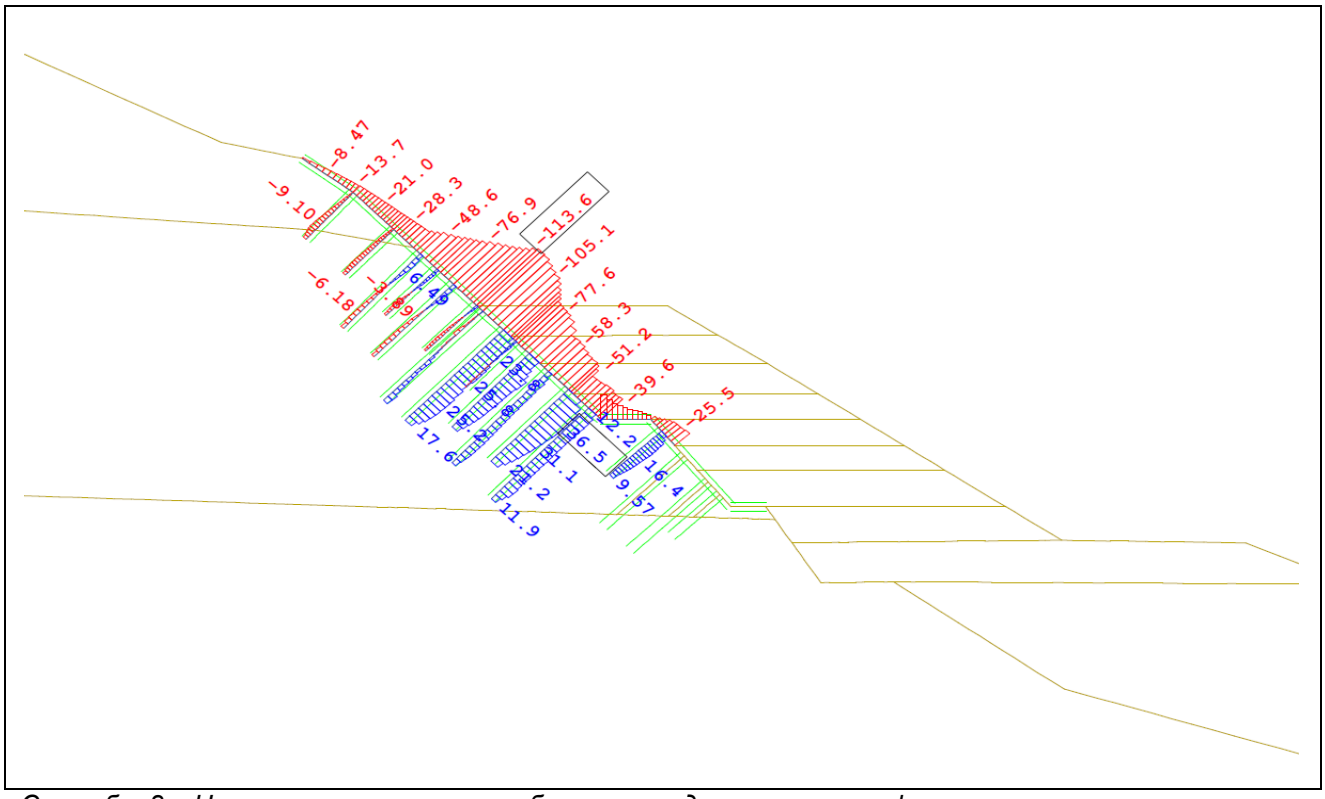
Програмски пакет ради тако да за сваку фазу рада(ископа) даје зоне пластификације , померања и силе у елементима пограде, суперпонирајући утицаје те фазе са утицајима из предходних фаза рада. Појаве потенцијалних зона пластификације овим софтверским пакетом се најуочљивије прати преко " пластификационог броја" --- f

Yield function - f

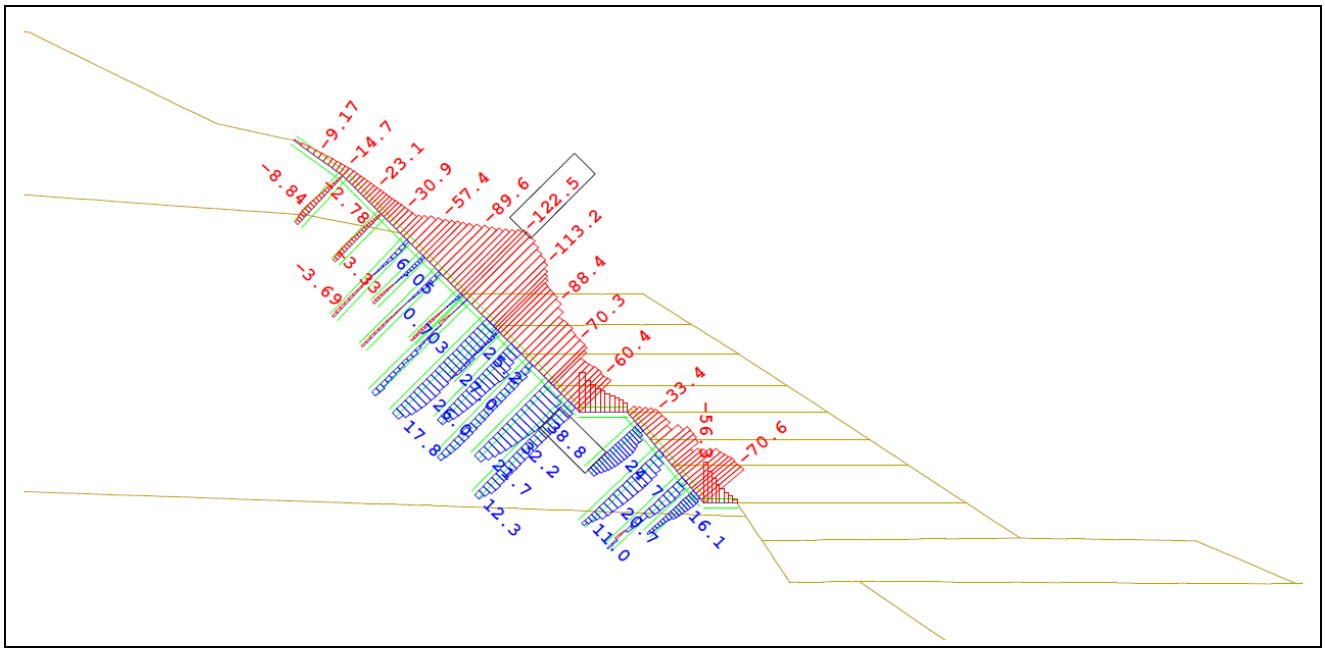
$$f = \sigma 1 - \frac{1-sin\,\varphi}{1+sin\varphi}\sigma 3 - 2c\frac{cos\varphi}{1+sin\varphi}$$

f ≥ 0 имамо пластификацију у терену – plasticization in ground
f < 0 нема пластификације у терену – no plasticization in ground
φ - угао унутрашњег трења - angle of internal friction
C- кохезија материјала - Cohesion
σ1, σ3 – главни напони - principal stresses

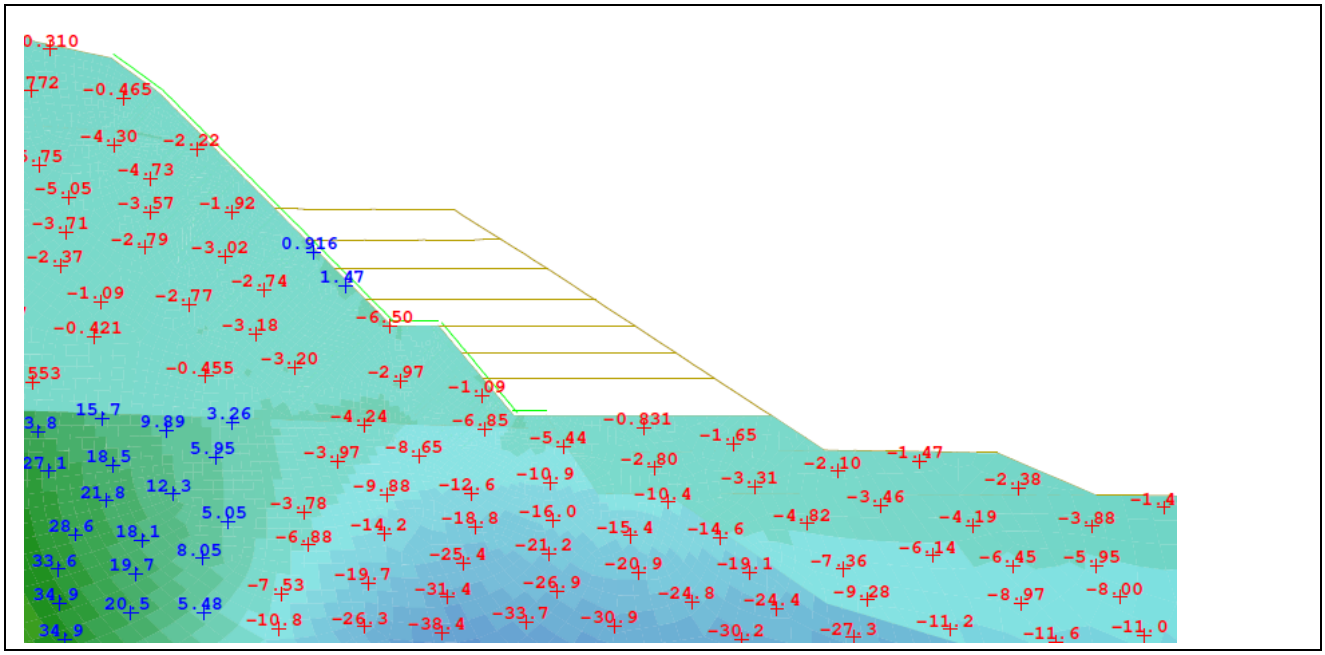
Као што се види пластификациони број представља разлику главних напона у садејству са кохезијом. Практично се упоређује вредност већег главног напона са једне стране и збир мањег главног напона и кохезије са друге стране. То практично значи да ***постоји пластификација материјала*** у оним зонама где је пластификациони број ‘’ **f** ‘’ **ПОЗИТИВАН ,** а ***не постоји пластификација*** у зонама у којима је пластификациони број ‘’ **f** ‘’ **НЕГАТИВАН** .



Слика бр. 8 Нормалне силе у млазном бетону и сидрима за пету фазу ископа



Слика бр.9 Нормалне силе у млазном бетону и сидрима за седму фазу ископа



Слика бр.10 "Пластификациони број" за седму фазу ископа

<u>Спроведене анализе по Sofistiku дале су следеће прогнозне претпоставке :</u>

Померања се остварују углавном у површинским слојевима делувијалних глиновитих материјала (**vy = 23-45 мм, vx = 4-5мм)** и то највећим делом услед слегања основног материјала.

При отварању косина померања незнатно расту ,вертикална од 3-4мм а хоризонала мање, и то од 1-2мм.

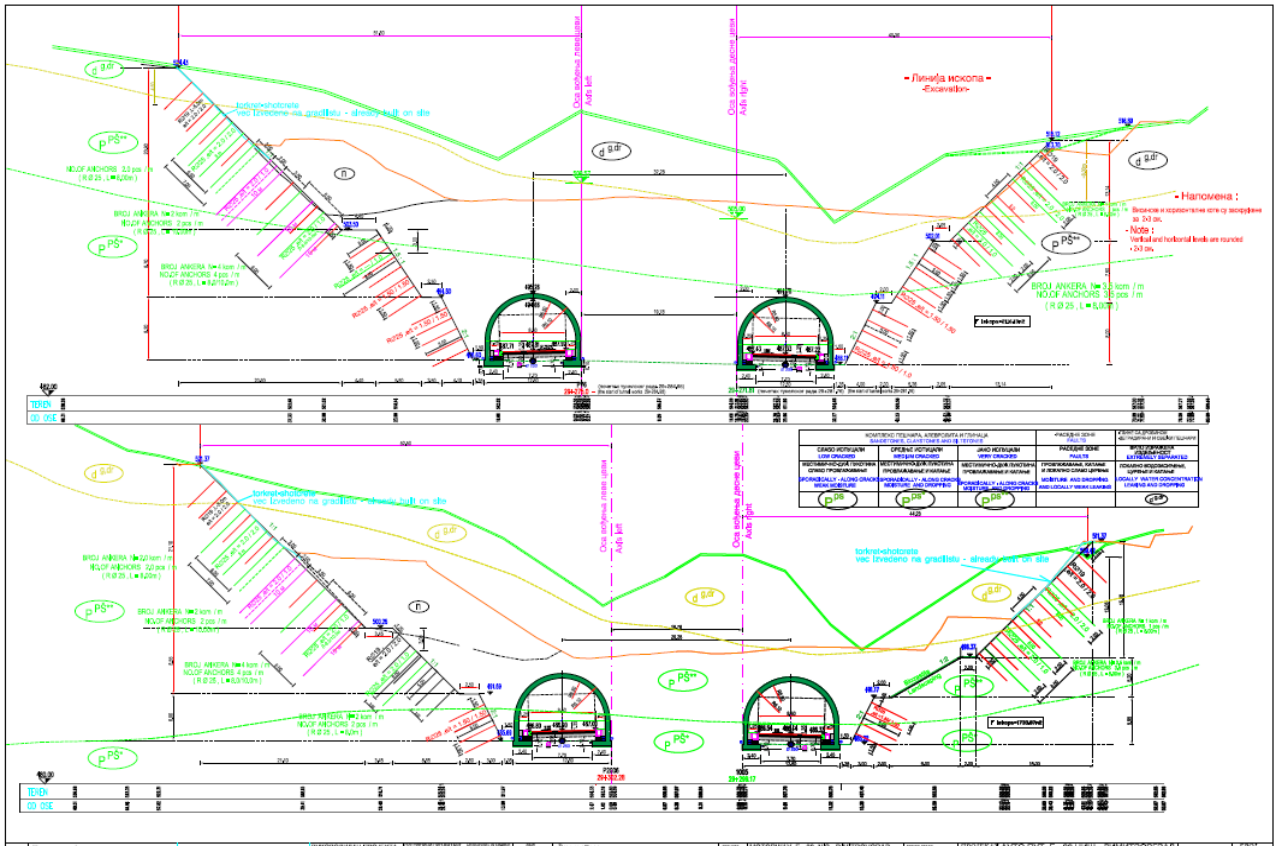
При отварању дубље фазе рада (нижи делови косине) померања се премештају у дубље слојеве испод површине радног простора.

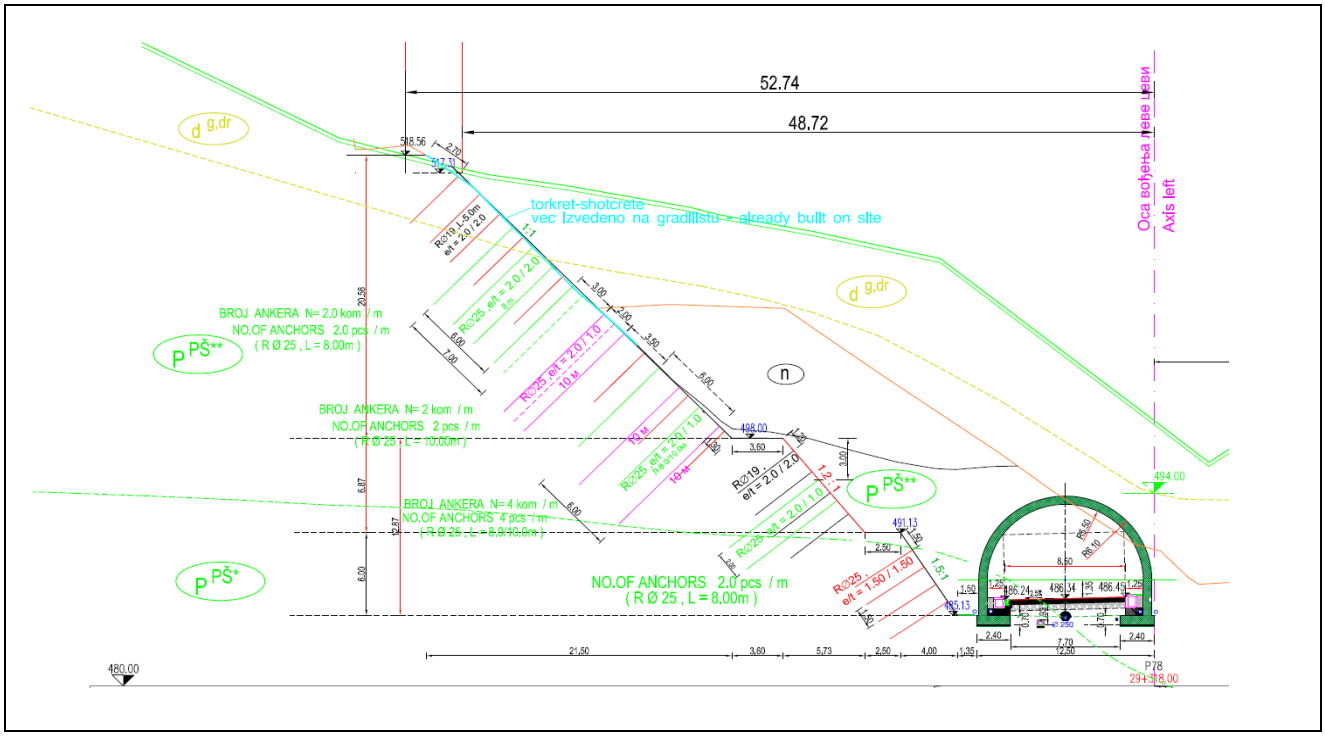
Зоне пластификације ,за случај фазног отварања и истовременог подграђивања ,су локациски распоређене до дубине од максимално 0.5-1.0м , од спољашње радне површине ископне косине.-

Уколико се поштује пројектом прописани фазни ископ(одозго на доле) и подграђивање (у истој смени рада), тада неће бити појаве пластификације у материјалу који се копа у наредној фази ископа.

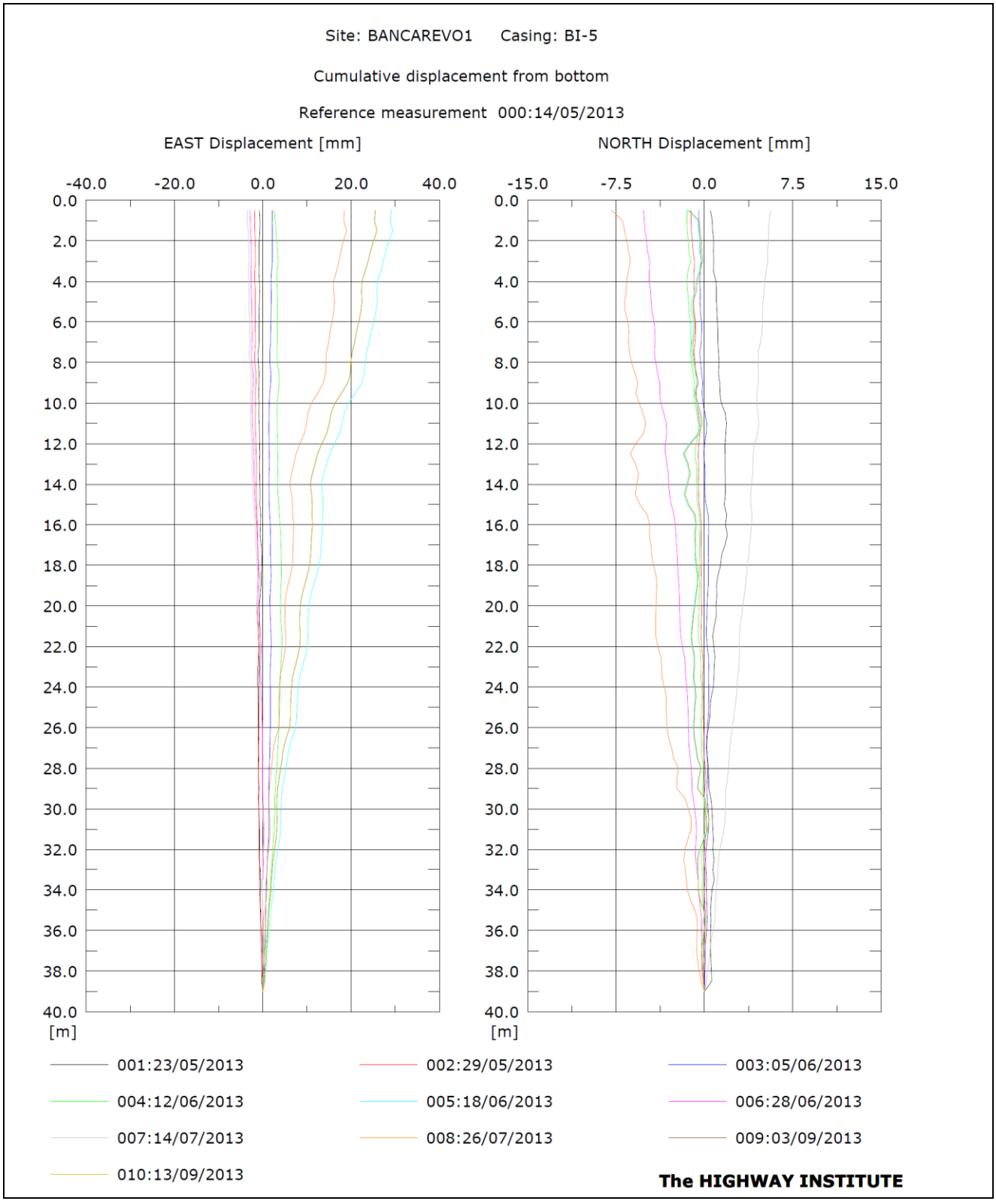
Добијене потребне силе у анкерима су знатно мање од сила, које ти анкери могу да пренесу уколико су правилно уграђени. Треба такође рећи да ће реалне силе у анкерима бити веће, јер ће косине неизбежно један период времена стајати неподграђене по целој висини , па ће појединии анкери преузети остварена померања у том периоду и тиме на себе навући већу силу.

Коначна заштита косина – додатни анкери постављени у међупољима већ изведених

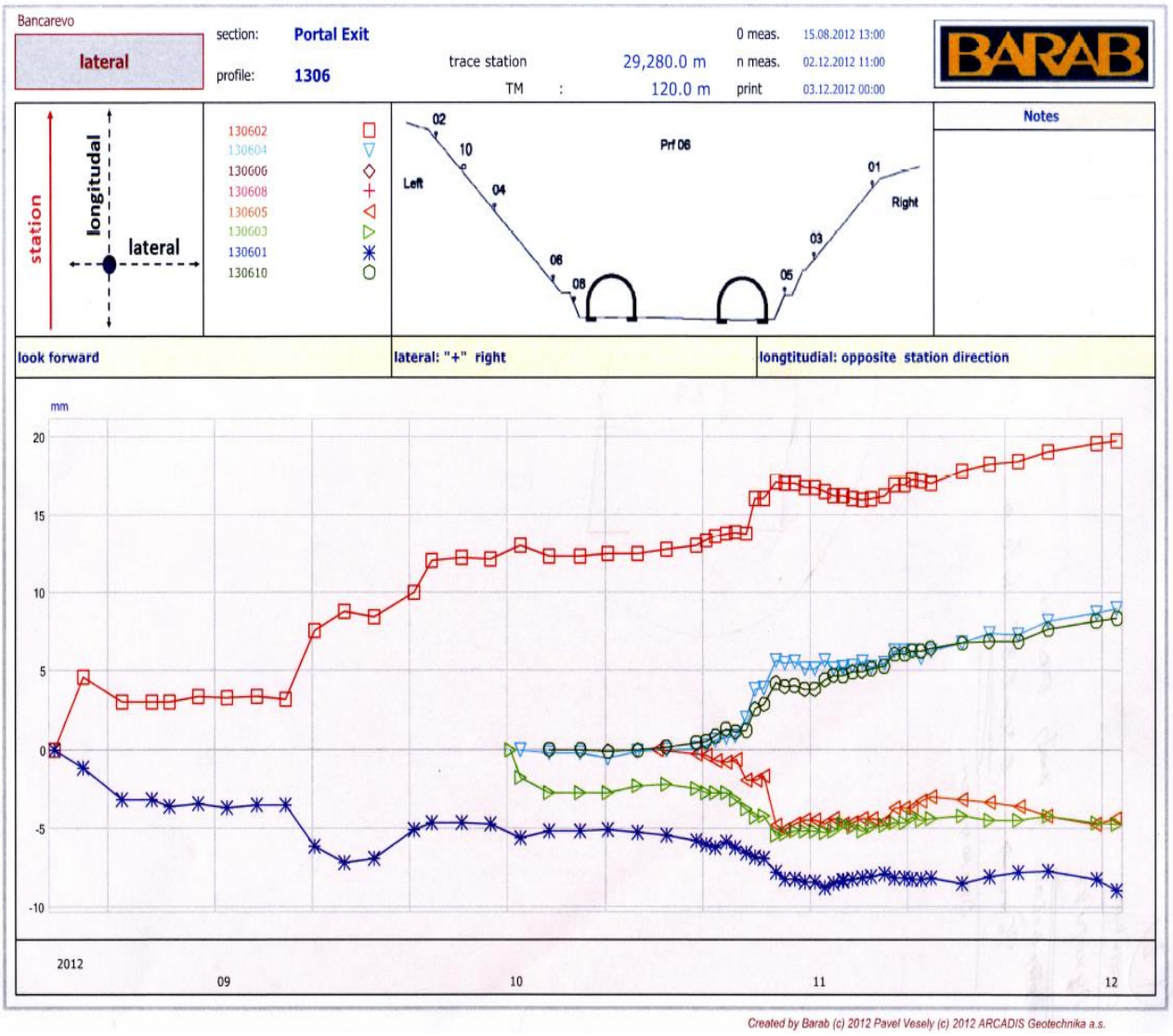




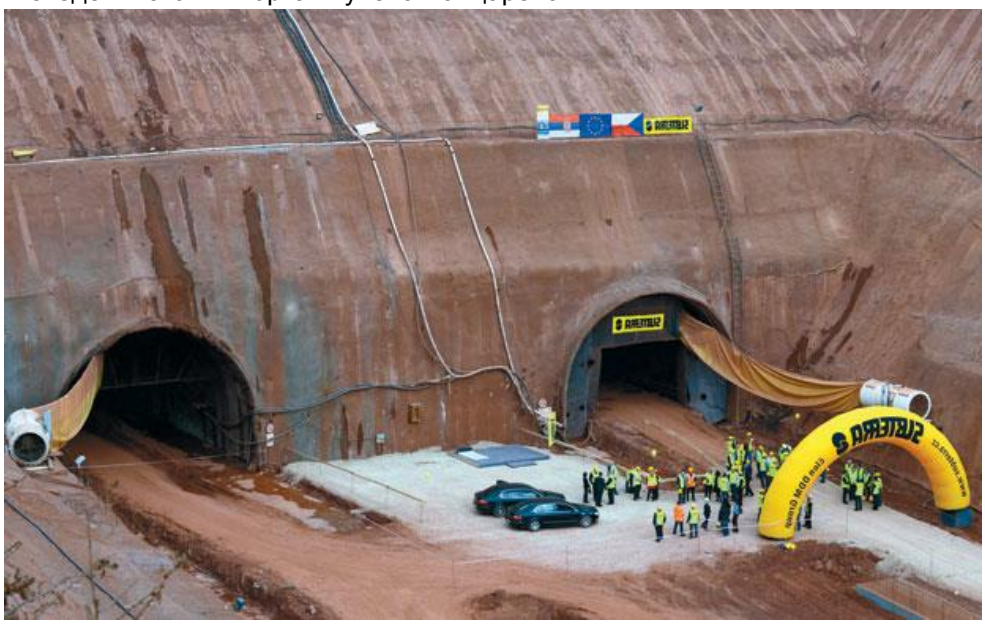
6. Резултати померања инклинометара BI-5



6.1. Праћење померања реперних тачака на косинама –Источни портал



Изведен источни портал тунела Банцарево





Слика бр.11 Ископ тунела рађен машински



Слика бр .14 Изведена примарна облога по читавој дужини десне тунелске цеви.



Слика бр. 12 Примарна подграда и незаштићено чело ископа у пешчарима



Слика бр.13 Примарна подграда и наношење заштите чела ископа млазним бетоном у деградинарим пешчарима



Пробој десне тунелске цеви 19.03.2014 год.

7. Закључак

Кључни параметар ових статичких анализа ,за ископне косине великих висина , је појава и дубина потенцијалних зона пластификације. Треба такође истаћи да пластификациона зона немора у истом тренутку да буде и зона лома материјала, - потребно је да се укључи и фактор везан за време, величина монолита , правац слојева ,тектонска испуцалост... . Стога се од Извођача радова тражило да организује рад тако, да се ископи и комплетно обезбеђење косине обаве у једној смени (8сати), односно да ископи стоје неподграђени највише 4 сата.(за зоне Пš**) . Максимално стајање неподграђеног ископа за зоне Пš* је 6 сати.

8. Литература

- [1] *Главни грађевински пројекат тунела Банцарево* , Институт за путеве а.д. 2010

- [2] *Главни грађевински пројекат тунела Банцарево –Источни портал-Допуна и прилагођавање стварним условима изградње* , Институт за путеве а.д. 2012

- [3] *Главни грађевински пројекат тунела Банцарево* , *–Источни портал-Допуна и прилагођавање стварним условима изградње –Геотехничке подлоге ,* Институт за путеве а.д. 2012

SLOVENSKO ZAKONODAVSTVO NA PODRUČJU ODVODNJAVANJA I PROČIŠĆAVANJA KIŠNIH VODA SA JAVNIH PUTEVA

Dr. Uroš Krajnc[1], dipl.ing.
[1]Institut za ekološki inženiring d.o.o., Maribor, Uros.krajnc@iei.si
Boris Stergar, dipl. ing.
Biro za projektiranje in inženiring d.o.o., Maribor
Metka Pavčič, dipl. ing.
Mea Inženiring s.p. Maribor

Rezime: *Ključno zakonodavstvo u Republici Sloveniji na području odvodnjavanja i pročišćavanja kišnih otpadnih voda predstavlja Uredba o emisiji tvari kod odvodnjavanja kišnih voda iz javnih puteva (Službeni glasnik RS 47/2005 od 13. 5. 2005). Sa tom uredbom želeli smo na isti način obuhvatiti sve javne puteve, ne samo autoputeve, sa obzirom na njihovo prometno opterećenje, geološke uslove, zaštitna područja i primaoce kišnih voda sa puteva. Uredba je odredila zagađene vode, koje je potrebno pročistiti. U dobi od osam godina prakse, primetili smo poteškoće kod izvođenja te uredbe i pripremili predloge za dopunu predmetne uredbe.*

Naredni dokumenti važnosti odvodnjavanja predstavljaju takozvane tehničke specifikacije TSC 03.380 za javne puteve, koje se odnose na odvodnjavanje puteva. Predlog tehničkih specifikacija iz aprila 2004 bio je od struke označen kao primjeran, a nikada nije bio službeno prihvaćen. Većina projektanata koristila je osnutak kao temelj svog posla. U junu 2010 pripremljena je nova verzija specifikacije TSC 03.380 Odvodnjavanje puteva, koja je bila recenzovana. U 2012 godini takođe su izrađene dopune prema recenziji. Ova verzija Tehničkih specifikacija još do danas nije uzakonjena.

Ključne reči: *odvodnjavanja kišnih voda, pročišćavanja kišnih voda, zakonodavstvo, tehničke specifikacije.*

1. UVOD

Ključno zakonodavstvo na području odvodnjavanja i pročišćavanja kišnih voda sa javnih puteva predstavlja Uredba o emisiji tvari kod odvodnjavanja kišne vode sa javnih puteva [1].

Ideja za osnivanje stručne grupe, koja je bitno posegnula u ustaljena ishodišta, porodila se 2002 godine. DARS je naručio izradu razvojno istraživačkih radova, koji bi trebali pokazati jasnu sliku o razini zagađenosti voda sa površina autoputova i odgovor, da li su predviđene mjere za zaštitu vode i okoline prikladne.

2. SLOVENSKI PROPISI O ODVODNJAVANJU PUTEVA PRE UREDBE

Nakon osamostaljenja Republika Slovenija sagradila je nov pravni sistem, koji se nanosi i na područje zaštite okoline. Osnovni motiv kod novog pravnog sistema bila je želja, da se pravni red uskladi sa pravnim redom Europske Unije. Temeljni zakon na tom području je predstavljao Zakon o zaštiti životne sredine. Skoro deset godina kasnije primljen je Zakon o vodama (Službeni glasnik RS br. 67/02, 110/02).

Pre prihvaćenja Zakona o vodama to su područje sređivali podzakonski propisi Zakona o zaštiti okoline.

Temeljni podzakonski akt za područje otpadne vode predstavljala je Uredba o emisiji tvari i topline kod odvodnjavanja otpadnih voda iz izvora zagađivanja (Službeni glasnik RS br. 35/96). U 19. članu bile su podane mjere za kišne otpadne vode. Mjere su se tražile u primeru, ako na području nije bilo kanalizacije, zahvaćanja i pročišćavanja tih voda. Na području, koje se odnosi na puteve, bilo je postavljeno ograničenje, po kojem su mere u snazi samo u slučaju, kada je dnevni prosek protoka vozila, izračunano na temelju informacija o prometu drumskih vozila za predmet uredbe u slučaju, ako je promet veći od 5000 vozila na dan.

Zbog nedostatka odgovarajućeg zakonodavstva Direkcija za autoputove republike Slovenije (u nastavku DARS) 1995 godine primila je interni propis „Uputstva za projektante za izradu tehničke dokumentacije – odvodnjavanje meteornih voda sa površina autoputova“. DARS je u maju 1999 godine izdao drugo dopunjeno izdanje „Uputstva za projektante za izradu tehničke dokumentacije – odvodnjavanje meteornih voda sa površina autoputova“. To izdanje sadržava poglavlja: Ishodišta za presudu razine zagađenosti sa

[1] Uros.krajnc@iei.si

odvodnjavanjem iz autoputova, Analiza i kvalitativno opredeljenje kriterija za prosudu prijemljivosti okoline, Dimenzionisanje odvodnjavanja autoputova i objekata za pročišćavanje odvodnjavanja iz taložnika – separatora ulja i iz retenzije za zadržavanje, alternativna rešenja retenzija za zadržavanje i drenažnih bušotina, održavanje kanalizacije, bazena i interventna služba te skica separatora ulja sa integrisanim taložnikom.

U 1999 godini izrađene su Smernice za određenje načina zaštite podzemne vode na području autoputova. Smernice, u temeljnim pojmovima, propisuju pročišćavanje kišnih voda (mehaničko i biološko čišćenje).

Za potrebe izvođenja raspisa i izvođenja rada je Društvo za državne puteve izdalo smernice – Odvodnjavanje puteva – detalji april 1998. Obuhvaćaju detalje kanala, drenaža, kanalizacije, revizionih silaza (okna), propusta, izvora, bunara, drenažnih bušotina i vrtača.

Navedena interna DARS-ova stručna uputstva tekom intenzivnog građenja automobilskih puteva u Sloveniji bila su od velike važnosti. Predstavljala su pomoć za projektante, koji su imali na raspolaganju i primere kalkulacija. Ali kod upotrebe tih uputstava pokazali su se određeni problemi. Ključni problem bilo je razumevanje, da smernice u sveukupnom opsegu pokrivaju problematiku odvodnjavanja i pročišćavanja otpadne vode sa putova i da vlastito znanje sa strane projektanta nije potrebno. Smernice su „podržavale u nevaljalstvu“ projektante, koji su upotrebljavali šablonske primere i za sasvim druge uslove. Neki projektanti grafičke su priloge kod smernica razumeli kao građevinske nacrte te su skice iz hidrauličkih kalkulacija nekritički upotrebljavali za projekte kvalitete PGD (projekt za prikupljanje građevinske dozvole). Ako bi postojalo dovoljno prostora na raspolaganju, projektanti bi odabrali zemljano izvođenje retenzionog bazena. A samo čišćenje tvari, koje se izdvajaju u taložnicima (ulje, pesak) projektno nije bilo rešeno.

3. UREDBA O EMISIJI TVARI KOD ODVODNJAVANJA KIŠNE VODE SA JAVNIH PUTEVA

Na temelju pregleda razvojno istraživačkih radova, koji svaki na svoj način analiziraju stanje voda na području autoputeva i navode smernice za nastavljanje, bilo je konstatovano, da unatoč izrađenim Smernicama i Uputstvima te uloženom naporu stručnjaka, rezultati pokazuju, da je neizbežno potrebno pristupiti ka izmeni zakonodavstva i novelaciji već postojećih uputstava za projektante. Sabrana grupa slovenskih stručnjaka sa područja zaštite voda kritički je procenila, da je ka rešavanju problema odvodnjavanja kišnih voda sa autoputeva potrebno pristupiti celovito iz sasvim novih polazišta. Neka prisetimo, da je tada još bila u važnosti Uredba o emisiji tvari i topline kod odvodnjavanja otpadnih voda iz izvora zagađivanja [4] (u nastavku Uredba 1996), po kojoj je voda bila, koja kao posljedica meteorskih oborina otiče iz utvrđenih, popločenih ili iz drugih pokrivenih površina, shvaćena kao kišna otpadna voda. S obzirom na navedeno svI su putevi, kod kojih izračunan godišnji drumski saobraćaj prelazi 5000 vozila, bili podvrgnuti odredbama ove Uredbe. U suglasnosti sa navedenom Uredbom 1996 i sa Uputstvima DARS [5] do 2000 godine bilo je sagrađeno ukupno već 215 taložnika, od toga 33 u betonskom i 182 u zemljanom izvođenju. S obzirom na činjenicu, da ima svaka strana autoputa odvojen sistem odvodnjavanja i na svakoj strani bazene, na svakih se 1.352 km [3] nalazi 1 objekat. U razdoblju od pet godina sagrađen je kompleksan sistem, ali se za njega pretpostavljalo, da možda ne štiti okoline, kako je to bilo predviđeno. Izvedeno je bilo više analiza sa monitoringom površinskih i podzemnih voda, koji na žalost nisu da li odgovarajuće rezultate. Saglasno sa Uredbom 1996 [4] bile su izvedene opsežne i skupe analize parametara otpadne vode, na žalost njihovi rezultati nisu bili upotrebljivi, jer uzorci nisu bili zahvaćeni u pravom momentu (odmah nakon prvog pljuska, nakon duge odsutnosti kiše). Uzorci su bili oduzeti stihijski. Neke analize, koje su želele izložiti celovite rezultate delovanja pojedinačnog retenzije za zadržavanje i koje su bile izvođene tako na utoku kao i na izlivu retenzije za zadržavanje, pokazivale su, da je voda na utoku mnogo čistija nego na izlivu. Dalje se je kod izvođenja analiza ustanovilo, da baza drumskih podataka ne uključuje sistema za odvođenje u takvom smislu, da bi u slučaju nezgoda bilo moguće postupati odgovarajuće. Porađala su se pitanja kao na primer gde će oteći opasna tvar sa mesta izlijevanja, gde se nalazi retenzija za zadržavanje, u kojeg će se tvari isteći, u koji vodotok će se zatim isteći zagađene vode, gde su dostupni putevi do retenzije za zadržavanje, da bi bilo moguće poduzimati mere? A u isto vreme konstatovalo se je, da sistem održavanja retenzije za zadržavanje ne funkcioniše. Pojavljivao se je problem sa odlaganjem mulja iz retenzije za zadržavanje. Retenzija za zadržavanje su postali objekti bujne zarasti i zelenja zbog ubrzavajuće eutrofikacije. Da li su u takvom stanju još uvek namenjeni svom osnovnom poslaništvu, zaštiti okoline?



Slika 1: retenzija *i za zadržavanje i jaka zarast vodenih biljaka*
(arhiva IEI, foto mag. Petra Kralj Marhold)

Porađalo se je pitanje, kako pristupiti održavanju retenzije za zadržavanje, osobito velikih zemljanih retenzije za zadržavanje. Građenje autoputeva bila je u punom zanosu, a u isto vreme bili su sagrađeni retenzija za zadržavanje i objekti za pročišćavanje. 2006 godine bilo je utvrđeno, da je samo na mreži za autoputeve sagrađenih preko 600 retenzije za zadržavanje i objekta za pročišćavanje, od toga 377 zemljanih retenzije za zadržavanje, 62 betonskih retenzije za zadržavanje, 3 uređaji za pročišćavanje i 167 separatora ulja.

Istodobno sve češće se naglašavalo, da su separatori ulja, koji se projektiraju sukladno sa uputama DARS-a, neskladni sa određenjima EN 858-1 i Uredbom o emisiji tvari i topline u funkciji izdvajanja ulja (traženi kvalitet ispusta 10 mg/l odnosno 5 mg/l). Upute DARS-a za projektante nisu propisivale kvalitet vode, koju neka očisti separator ulja, niti nisu propisivale efekta čišćenja. Separatori ulja i benzina, koji su bili projektovani sukladno sa Uputama DARS-a, funkcionisali su samo na gravitacionom principu. Zbog toga mogli su očistiti samo ulja do 100 mg/l.

S obzirom na to, da su bile neke neskladnosti sve češće izložene, DARS d.d. za rešavanje navedene problematike, na inicijativu DDC savjetovanje inženjering, osnovao je grupu stručnjaka, koja je bila sastavljena od vanjskih stručnjaka (dr. Brenčič, prof. dr. Steinman, dr. Krajnc) i suradnika DDC (g. Ločniškar, ga. Fortuna, ga. Pavčič).

Za vođu grupe bio je imenovan g. Andrej Ločniškar.

Stručna grupa zadala si je nekoliko ključnih pitanja:

- da li je sva voda koja otiče sa kolovoza iznad 5000 PLDP zagađena voda ili ne (kao što je navedeno u Uredbi 1996)?
- da li je odabrana granica (5000 PLDP) odgovarajuća?

- da li su retenzija za zadržavanje odgovarajuće zasnovani (voda, koja otiče sa njih, više zagađena, nego voda koja dotiče u retenzija za zadržavanje)?
- da li trebamo retenzije za zadržavanje za slučaj havarije, zbog mogućih katastrofalnih izlijevanja zagađivača?
- da li je potrebno meriti sve parametre zagađenih voda, kao što naređuje Uredba 1996 i da li je način monitoringa prikladan?
- da li je sistem održavanja objekata odvodnje prikladan ili ne?
- kako uspostaviti bolji informacijski sistem za upravljače puteva?
- da li je moguće, da je retenzija za zadržavanje takođe i separator ulja?
- da li je sistem odvodnje osnovan tako, da okolinu štitimo ili ga možda zbog našeg pogrešnog pristupa i neprikladnog održavanja možda čak dodatno opterećujemo?

Takođe si je za dostignuće ciljeva zadala tri ključne zadatke:
- izmeniti zakonodavstvo i pripremiti osnutak Uredbe o odvodnjavanju i pročišćavanju kišne vode sa javnih puteva
- izraditi testni model baze podatka o objektima koji su određeni za pročišćavanje i održavanje vode sa površina autoputova (EviZAC)
- pripremiti Izvještaje za izvođenje zaštite vodnih objekata od negativnih uticaja sa puteva (umesto Uputa i Smernica DARS)

Stručna grupa je počela delovati u junu 2002 godine. Sa svom revnosnošću najpre se prihvatila analize stanja promene zakonodavstva. Vlada Republike Slovenije Uredbu o emisiji tvari kod odvodnjavanja kišne vode sa javnih puteva izdala je na dan 21.04.2005.

Ključni elementi sadržaja, koji su se pojavljivali za vreme oblikovanja zakonodavstva, bili su:
- sami pročišćavamo one kišne vode, koje su zagađene i tamo gde je okolina ugrožena
- za ocenu zagađenosti voda upotrebljavamo podatke o vozilima (teretna kola sa prikolicom zagađuju više nego osobni automobil)
- od celokupnog pljuska čistimo samo zagađeni deo (kritičan pljusak)
- retenzija za zadržavanje gradimo samo tamo, gde to traži premalen odvodnik.

4. POZITIVNI EFEKTI UREDBE

Odvodnjavanje vode sa puteva prvi put bilo je uređeno na razini podzakonskog akta. Kod mera za smanjivanje emisije tvari uzete su u obzir prirodne datosti obrađivanog područja. Jasno su definisani pojmovi posrednog, neposrednog i raspršenog odvođenja vode. Saobraćajno opterećenje izraženo je u EOV (umjesto PLDP), što je prikladnije.

Uredba 2005 bila je prihvaćena baš za vreme, kad je bilo građenje prekmurskog odseka autoputa u punom razmahu. Većina idejnih projekata za autoputeve bila je napravljenih još na temelju Uredbe 1996, međutim PGD projekti (projekti za prikupljanje građevinske dozvole) bili su izrađeni već na temelju zahteva iz nove Uredbe 2005.

Za one delove pomurskog autoputa, koji još nisu bili u gradnji, sa prihvatom Uredbe 2005 izradila se je Analiza uslova odvodnjavanja kišnih voda na autoputu. Na temelju izrađene analize bila su najpre definisana područja na kojima je podzemna voda relativno dobro zaštićena (npr. na celom području, gde se odvija trasa autoputa Lendava – Pince kvartarni aluvijalan vodonosnik pokrit je sa loše propusnim glinama) i zatim analizirani uticaji trase autoputa na površinske vode odnosno druga područja pod zaštitom (npr. Natura 2000). Na temelju detaljne analize bio je zasnovan koncept odvodnjavanja, delomično zatvoreni kanalizacijski sistem i delomično disperzivna odvodnjavanja sa kanalima uz puteve. Vode su se iz kanala, gde je to bilo potrebno, pre ispusta u slivnike, sabrale u zemaljskim retenzija ima za zadržavanje, koji su garantovali 1/10 QSNV odnosno protok, koji odgovara manje od 1/10 kišnog protoka iz cjelokupne doprinosne površine recipijenta. U koliko upoređujemo izgradnju odseka autoputa Lendava – Pince dužine 13,7 km, gde je po celoj trasi bio najpre zasnovan zatvoreni kanalizacijski sistem, možemo konstatovati, da je bila u idejnom projektu predviđena izgradnja 23 retenzije za zadržavanje i 4,6 km meteorne kanalizacije. Slično je bilo i na odseku autoputa Beltinci – Lendava, gde je bilo, umesto 7 izgrađenih, još samo 3 retenzije za zadržavanje. Prosečna cena zemaljskog retenzije za zadržavanje sa opremom (separator ulja, ...) je, za vreme prihvaćenja uredbe (2005 godine), iznosila cca. 41.000,00 EUR (bez PDV) i cena kanalizacije 292,00 EUR/m. Kanali za kontrolisano odvodnjavanje 37 EUR/m te kanali za disperzivno odvodnjavanje 12,5 EUR/m (sve navedene prosječne cene su bez PDV). Nadalje bilo je za vreme pripreme analize troškova i koristi u 2006 godini konstatovano, da troškovi održavanja 1 retenzije za zadržavanje (kosidba, čišćenje dna, utočnih i izlivnih cevi, izlivnih građevina, naplavina,

redoviti pregledi, ...) iznose 417 EUR/godinu i monitoring 1 retenzije za zadržavanje (2x godišnje prema parametrima iz Uredbe 1996) 6.810 EUR/godinu. A na svakih deset godina potrebno je obaviti i čišćenje mulja, što je bilo ocenjeno na 2.503 EUR [5].

Radno gradivo za Uredbu sastavlja grupa stručnjaka, čistopis Uredbe je izradilo tadašnje Ministarstvo za okolinu i prostor. Doduše Ministarstvo je sadržajno saželo uredbu, sa izuzetkom celog poglavlja o održavanju, ali je upotrebilo svoju standardnu nomenklaturu. Sa tim je temeljito posegnulo u koncept Uredbe, što kod njene implementacije uzrokuje puno problema.

5. PRILAGOĐENJE ZAHTEVIMA UREDBE 2005

U Uredbi 2005 obveze bile su:

- upravljač autoputa i glavnog puta, koji su bili izgrađeni ili su bili u upotrebi na dan priznanja te Uredbe ili je za njih pre priznanja te Uredbe bila stečena dozvola za zaštitu okoline ili građevinska dozvola, mora se prilagoditi zahtevima iz te Uredbe najkasnije do 31. decembra 2009, a vlasnik drugih kategorija javnih puteva najkasnije do 31. decembra 2012;
- termini i način izvođenja mera za prilagođavanje zahteva iz te Uredbe detaljnije se odrede u operativnom programu odvodnjavanja kišne vode sa javnih puteva, kojeg ministarstvo, nadležno za sredinu, u suradnji sa ministarstvom, nadležnim za saobraćaj, predloži Vladi Republike Slovenije u pretresanje i primanje najkasnije do 31. decembra 2006;
- bez obzira na drugu i petu alineju 11. člana te Uredbe, prvi godišnji program monitoringa rada za 2007 godinu, mora biti pripremljen do 30 juna 2006, a ministarstvo, nadležno za sredinu, mora ga potvrditi do 31. oktobra 2006. Prvi godišnji izvještaj o izvođenju monitoringa rada moraju upravljači javnih puteva proslediti ministarstvu, nadležnom za sredinu, do 31. ožujka 2008, za 2007 godinu.

Te obaveze naravno nisu bile ispunjene.

6. OTVORENI PROBLEMI ZBOG NEIZVOĐENE UREDBE: MONITORING

Kod izgradnje autoputeva celo vreme, već pre Uredbe 2005, izvođene su mere za zaštitu vodne okoline. Ali rezultati monitoringa rada na više sagrađenih objekata, istraživački monitoringi na nekim objektima, takođe i pregledi literature ne daju jasnog odgovora na pitanje efikasnosti različitih vrsta objekata i uređaja. Iz ovih razloga Uredba 2005 je preko na novo postavljenog monitoringa kao primarni cilj željela ustanoviti, što kišne vode zapravo sadržavaju i što je, pre ispusta u okolinu, moguće odnosno potrebno prikladno pročistiti. Kod toga najbitniji su: količina, dužina te intenzitet oborina, vrsta i količina zagađenja, vrsta recipijenata, geološki i hidrološki sastav tla.

Obaveze su, prema Uredbi s obzirom na monitoring, sledeče:

- upravljač javnih puteva mora obezbeđivati merenja zagađenosti kišne otpadne vode na izlivu retenzije za zadržavanje i uređaja za pročišćavanje kišne otpadne vode;
- merenja iz prošle alineje izvode se za sve javne puteve u Republici Sloveniji u saglasnosti sa godišnjim programom monitoringa rada, kojeg za sledeću godinu pripremi i predlaže u odobrenje ministarstvo, nadležno za saobraćaj, najkasnije do 31. septembra u tekućoj godini, a potvrdi ga ministarstvo, nadležno za sredinu, najkasnije do 31. oktobra u tekućoj godini;
- o izvođenju merenja i pregledima stanja rada retenzije za zadržavanje i uređaja za pročišćavanje kišne otpadne vode u okviru godišnjeg programa monitoringa rada, moraju upravljači javnih puteva obezbediti izradu godišnjeg izveštaja o izvođenju monitoringa rada, kojeg moraju posredovati ministarstvu, nadležnom za sredinu, najkasnije do 31. marta u tekućoj godini, za prošlu godinu.

Tek 2007 godine bio je izrađen Predlog godišnjeg programa monitoringa rada odvodnjavanja kišnih voda iz javnih puteva [7]. Konačni izveštaj sadržava stručne osnove, koje su ishodište za izvođenje godišnjeg programa monitoringa rada odvodnjavanja kišnih voda sa javnih puteva, koji će se morati izvoditi u saglasnosti sa Uredbom o emisiji tvari kod odvodnjavanja kišne vode sa javnih puteva. Detalnije je definisan sadržaj programa, prikladan način odabira uzoraka i izvještavanje sa monitoringa rada u pojedinačnim poglavljima, a u isto vreme su predstavljene smernice za njegovu interpretaciju. Na temelju pregleda prirodnih datosti, antropogenih uticaja, saobraćajnih tokova, a i regionalnih karakteristika Slovenije, predložen je izbor 6 objekata za retenzije za zadržavanje i pročišćavanje na autoputevima i to

po 1 na Gorenjskoj, u Prekmurju, na Štajerskoj, na Primorskoj, na Dolenjskoj i u Osrednoj slovenskoj regiji (severni ljubljanski obilazni put) te 2 objekta na glavnim i regionalnim putevima: 1 u Prekmurju i 1 na Štajerskoj, na kojima je potrebno obaviti probni monitoring u prelaznom razdoblju. Naručilac predloga DARS (autoputevi) i DRSC (ostali putevi) nisu bili u stanju provesti narudžbu monitoringa.

2011 godine DARS je naručio novi predlog godišnjeg programa monitoringa [9]. Ta je između 115 objekata, koji bi mogli biti reprezentativni, odabrao objekat Sneberski prod, na Istočnom autoputu kod Ljubljane. Kao temelj za taj predlog služi spisak objekata [10]. 4.4.2012 DARS je objavio narudžbu male vrednosti za izradu monitoringa na objektu Sneberski prod (5 puta u 2012 godini).

7. POUZETAK ZAKONODAVSTVA EVROPSKE UNIJE NA TOM PODRUČJU

Da se kod odvodnjavanja i pročišćavanja kišnih voda sa puteva radi o jako kompleksnom području ukazuje činjenica, da Evropska unija za tu vrstu otpadne vode nema odgovarajućeg zakonodavstva, ali ga ima za otpadne vode iz naselja i za sve vrste otpadnih voda iz industrije. Evropska unija, preko Evropske znanstvene fondacije, finansira projekat COST 351 – Voda u putnoj strukturi. Projekat je podeljen na tri tematske sklopove: Voda u putnoj strukturi, Uticaj vlažnosti na mehaničke osobine i trajnost konstrukcije kolnika te Vode u putnoj strukturi sa gledišta okoline [12]. Rezultat projekta je monografija Voda u putnim konstrukcijama; kretanje, drenaža i serije efekata, koja je izašla u 2009 godini kod izdavačkog preduzeća Springer [13].

Susjednoj Austriji poznat je državni propis o čišćenju kišnih voda iz saobraćajnih površina i sa površina traka za zaustavljanje [14] kao i smernice za zaštitu voda uz puteve [15]. Slične smernice poznate su i Nemačkoj [16].

8. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE ZA PUTEVE TSC 03.380, ODVODNJAVANJE PUTEVA

Slovenski projektanti puteva već za vreme zajedničke države nismo imali nekog posebnog propisa ili smernica, koji bi cjelovito obrađivali odvodnjavanje puteva. Upotreba JUS standarda bila je logična i obavezna. Među tim standardima nekoliko ih je obrađivalo i odvodnjavanje puteva. A kao dobar priručnik je, prema kraju 80-tih godina i još kasnije u samostalnoj Sloveniji, služila knjiga »Odvodnjavanje puteva i gradskih saobraćajnica« [17].
Sa Zakonom o javnim cestama [18] i sa Uputstvom o pripremi i izdavanju tehničkih specifikacija za javne puteve [19] Direkcija za puteve Republike Slovenije (DRSC) dobila je mogućnost i obavezu za pripremu tehničkih specifikacija za javne puteve.

Na temelju javnog raspisa izradu tehničke specifikacije za odvodnjavanje javnih puteva 2003 godine dobilo je preduzeće BPI, Biro za projektovanje i inženjering d.o.o., (Slo: „Biro za projektiranje in inženiring d.o.o.“). Zadatak je čitavo vreme izrade pratio tehnički odbor od 9 člana TO 03, kojeg je prethodno postavio tadašnji ministar, nadležan za saobraćaj, koji je također bio ovlašćen za ovjeravanje tehničkih specifikacija za javne puteve.

U martu 2004 godine osnutak TSC 03.380 predaje se naručilacu, koji ga nikad nije ni potvrdio niti odbio. Stručna javnost je osnutak potvrdila kao odgovarajući i još danas se njime koristi kao pomoćnim sredstvom, iako nikad nije bio zvanično potvrđen. Razlozi, zašto tehnička specifikacija nikad nije bila potvrđena niti odbita, nisu nam poznati. Još više, sledeće godine, u oktobru 2005 godine, Direkcija RS za puteve je pripremila, a Ministar za saobraćaj potvrdio Pravilnik o projektovanju puteva [22], u kojem 43. član u jako skromnom obliku obrađuje odvodnjavanje puteva. Umesto, da bi Pravilnik o projektovanju puteva propisivao samo općenita određenja, on sa osnutkom TSC-a navodi potpuno neusklađenu odredbu, prema kojoj se dimenzioniraju elementi za odvodnjavanje. U oči padaju naročito jačine, koje su jedinstvene za cjelokupnu Sloveniju, bez obzira na lokaciju pojedinačnog odseka puta, koji se projektira. A uz to, ako želimo projektovati razumna rešenja, nije svejedno, da li se put nalazi na nasipu, u ukopu ili u depresiji, što pravilnik za razliku od TSC-a ne obrađuje. Projektanti iz čitave Slovenije smo naručilaca, odnosno njegove stručne službe, stalno upozoravali na nedostatke i nedoslednosti punovažnog pravilnika i na to, da bi organizirao sve potrebne postupke, da bi bila tehnička specifikacija za odvodnjavanje puteva konačno odobrena.

DRC, Društvo za istrage na području slovenske struke za puteve i saobraćaj, u novembru 2009 godine organiziralo je jako rezonantan i dobro posečen međunarodni stručni skup sa jednostavnim naslovom *Odvodnjavanje puteva.* Između drugih referata opet je predstavljena tehnička specifikacija za odvodnjavanje puteva [23]. U zaključcima skupa bilo je posebno naglašeno, da struka treba tu tehničku specifikaciju i neka naručilac DRSC organizuje i naruči dopunu osnutka TSC iz 2004 godine. Struka je

naime u prošlim godinama od izrade osnutka TSC stekla nova znanja i iskustva, a uz to je bilo prihvaćenih nekoliko novih zakona, koji se nanose na projektovanje puteva i delomično takođe na odvodnjavanje.

Jer je bio DRSC suorganizator spomenutog skupa, to je verovatno razlog, zbog kojeg je odmah u početku 2010 godine pripremio projektni rad i naručio dopunu osnutka TSC iz 2004 godine.

Zadatka se je prihvatila ista grupa stručnjaka, koja je pripremila osnutak i predala dopunu rada u recenziju u julu 2010 godine.

Pored prilagođavanja, sa tada punovažnim zakonodavstvom, osnutak TSC dopunili smo sa odobrenjem autora knjige »Kanalisanje kišnih voda«, prof.dr. Jovana Despotovića sa Građevinskog fakulteta na Univerzitetu u Beogradu [24], sa najnovijim saznanjima o dimenzionisanju i lociranju putnih odvodnih kanala. Suočeni sa uvek većom količinom zahteva, naročito opštinskih uredba, da je kišne vode potrebno ponirati, u novom smo osnutku dodali novo obimano poglavlje o poniranju kišnih voda.

Novi osnutak TSC su još u istoj godini recenzirali jako eminentni stručnjaci sa tog područja, obavljena je bila recenzijska debata sa brojnom recenzijskom komisijom i konačno smo, na temelju njihovih pripomena i zaključka osnutak dopunili. Doduše, na recenzijskoj debati bilo je dogovoreno, da se predlog TSC na temelju dodatne narudžbine dopuni sa poglavljem Dimenzionisanje propusta puteva. Kod pripreme osnovne verzije TSC je bilo naime pretpostavljeno, da će biti hidrotehničko dimenzionisanje uključeno u TSC 07.115 Projektiranje propusta. Bilo bi logično, da je sve od formiranja, hidrotehničkog i statičkog dimenzionisanja skupljeno u jednim TSC. Naručilac se za to nije odlučio. Zbog toga smo nakon ostalih pripomena dopunjeni osnutak TSC u julu 2011 godine naručilacu predali kao predlog za prihvat.

Danas (u martu 2014) predlog TSC još uvek nije prihvaćen i potvrđen. Ne želimo, da bi na sledećem skupu na temu odvodnjavanja puteva opet ustanovili, kako bi tehnička specifikacija bila dobrodošla, tako za projektante, izvođače, nadziratelje i održavaoce i dakako naručilace.

Literatura

[1] Uredba o emisiji tvari kod odvodnjavanja kišne vode sa javnih puteva (Službeni glasnik RS br. 47/2005 na dan 13.5.2005) (originalni naslov: Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest).

[2] Odvodnjavanje javnih puteva - tehnološko tehnički i zakonodavstveni okvir te izvođenje u praksi Uroš Krajnc, Jovan Despotović, Boris Stergar, Zoran Jovanović, 9. Slovenski kongres o putevima i prometu, 22-24-oktober 2009, Portorož (originalni naslov: Odvodnja javnih cest - tehnološko tehnični in zakonodajni okvir ter izvajanje v praksi Uroš Krajnc, Jovan Despotović, Boris Stergar, Zoran Jovanović, 9. Slovenski kongres o cestah in prometu, 22-24-oktober 2009, Portorož).

[3] Josip Hauck, Obezbeđivanje kvalitete izvođenja hidrotehničkih objekata u ulozi održavanja i zaštite životne sredine (Zbornik pismenih izvještaja Megra 2000, Projektovanja i građenje sistema za odvodnjavanje voznih površina) (originalni naslov: Josip Hauck, Zagotavljanje kvalitete izvedbe hidrotehničnih objektov v vlogi ohranjanja in varovanja okolja (Zbornik referatov Megra 2000, Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje voznih površin).

[4] Uredba o emisiji tvari i topline kod odvodnjavanja otpadnih voda iz izvora zagađivanja (Službeni glasnik RS br. 35/1996 i promjene i dopune) (originalni naslov: Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja).

[5] Stručna ishodišta za određivanje potrebnih koraka za zaštitu voda od negativnih uticaja sa autoputeva (Hidrogea d.o.o. i VGI po., naručilac DARS d.d., 1994) (originalni naslov: Strokovna izhodišča za določitev potrebnih ukrepov za zaščito voda pred negativnimi vplivi iz avtocest).

[6] Uredba o emisiji tvari kod odvodnjavanja kišne vode sa javnih puteva, Radna grupa: Metka Pavčič, Andrej Ločniškar, Irena Fortuna, Franci Steinman, Uroš Krajnc, Miha Brenčič, Leon Gosar, predstavljenje na DARS-u 24.3.2006 (originalni naslov: Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, Delovna skupina: Metka Pavčič, Andrej Ločniškar, Irena Fortuna, Franci Steinman, Uroš Krajnc, Miha Brenčič, Leon Gosar, predstavitev na DARS-u 24.3.2006).

[7] Predlog godišnjeg programa pogonskog monitoringa rada odvodnjavanja kišnih voda sa javnih puteva, Institut za ekološki inženiring Maribor i Inštitut FGG, d.o.o., Ljubljana, mart 2007. (originalni naslov: Predlog letnega programa obratovalnega monitoringa odvodnje padavinskih vod z javnih cest, Institut za ekološki inženiring Maribor in Inštitut FGG, d.o.o., Ljubljana, marec 2007).

[8] Pravilnik o prvim merenjima i monitoringa rada otpadnih voda te uslovima za njegovo izvođenje, Službeni glasnik RS br. 74/07 (originalni naslov: Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter pogojih za njegovo izvajanje, UL RS, št. 74/07).

[9] Predlog godišnjeg programa monitoringa rada odvodnjavanja iz retenzije za zadržavanje (LPOM) za godinu 2012 za obim javnih puteva po Sloveniji u rukovođenju DARS d.d., Erico Velenje, Institut za ekološke istrage d.o.o., decembar 2011 (originalni naslov: Predlog letnega programa obratovalnega monitoringa padavinskih voda iz zadrževalnih bazenov (LPOM) za leto 2012 za obseg javnih cest po Sloveniji v upravljanju DARS d.d., Erico Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., december 2011).

[10] Određenje područja točkastog odvodnjavanja kišnih voda sa autoputeva i spiska traženih retenzije za zadržavanje (prema Uredbi, Irgo Consulting d.o.o., 15.09.2012) (originalni naslov: Določitev območij točkovne odvodnje padavinskih voda z avtocest in seznama zahtevanih zadrževalnih bazenov po Uredbi, Irgo Consulting d.o.o., 15.09.2012).

[11] Metodologija postupanja sa kišnim vodama na autoputevima, Magistarski rad, Petra KRALJ MARHOLD, u.d.i.g., Sveučilište u Mariboru, Fakulteta za strojarstvo, mart 2011 (originalni naslov: Metodologija ravnanja s padavinskimi vodami na avtocestah , Magistrsko delo, Petra KRALJ MARHOLD, u.d.i.g., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, marec 2011).

[12] Voda u putnoj strukturi – Europski projekt COST, Mihael Brenčič, Primož Pavšič, 8. SLOVENSKI KONGRES O PUTEVIMA I SAOBRAČAJU, Portorož, 25.-27. oktobar 2006 (originalni naslov: Voda v cestni zgradbi – evropski projekt COST 351, Mihael Brenčič, Primož Pavšič, 8. SLOVENSKI KONGRES O CESTAH IN PROMETU, Portorož, 25.-27. oktobra 2006).

[13] Voda u putnim konstrukcijama; kretanje, drenaža i serije efekata: geotehničko, geološko i zemljotresno inženjerstvo, svezak 5, Dawson, Andrew (Ed.) 2009, XXVI, izdavačko preduzeće Springer (originalni naslov: Water in Road StructuresMovement, Drainage & Effects Series: Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering, Vol. 5 , Dawson, Andrew (Ed.)2009, XXVI, Springer Verlag).

[14] EKOLOŠKA NORMA B 5102 (2004), Uređaji za pročišćavanje kišne vode iz saobraćajnih površina i površina za odlaganje (saobraćajne površine – reviziona okna) (originalni naslov: ÖNORM B 5102 (2004), Reinigungsanlagen für Regenwasser von Verkehrs-und Abstellflächen (Verkehrsflächen – Sicherungsschächte).

[15] Smernice i propisi za puteve 04.04.11 Zaštita od vode na putevima (2011) (originalni naslov: RVS 04.04.11 Gewässerschutz an Straßen (2011)).

[16] Smernice za konstrukciju puteva dio: Odvodnjavanje RAS-Ew izdanje 2005 (originalni naslov: Richtlinien für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung RAS-Ew Ausgabe 2005).

[17] Odvodnjavanje cesta i gradskih saobraćajnica OP'87, Stručni seminar, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu – Inštitut za saobraćajnice i geotehniku, Beograd, 17. – 19. decembar 1987.

[18] Zakon o javnim putevima (Službeni glasnik RS br. 29/97) (originalni naslov: Zakon o javnih cestah (Ur.l. RS št. 29/97)).

[19] Uputstvo o pripremi i izdavanju tehničkih specifikacija za javne puteve (Službeni glasnik RS br. 69/98) (originalni naslov: Navodilo o pripravljanju in izdajanju tehničnih specifikacij za javne ceste (Ur.l. RS št. 69/98)).

[20] Tehnička specifikacija za odvodnjavanje puteva, Boris Stergar, Uroš Krajnc, referat na 6. slovenskom kongresu o putevima i saobraćaju, Zbornik referata, Portorož, oktobar 2004 (originalni naslov: Tehnična specifikacija za odvodnjavanje cest, Boris Stergar, Uroš Krajnc, referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004).

[21] Odvodnjavanje kišnih voda sa puteva – predlog zakonskog uređenja problematike, Mihael Brenčič, Uroš Kranjc, Andrej Ločniškar, Metka Pavčič, Franci Steinman, referat na 6. slovenskom kongresu o putevima i saobraćaju, Zbornik referata, Portorož, oktobar 2004 (originalni naslov: Odvodnja padavinskih voda s cest – predlog zakonske ureditve problematike, Mihael Brenčič, Uroš Kranjc, Andrej Ločniškar, Metka Pavčič, Franci Steinman, referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004).

[22] Pravilnik o projektovanju puteva (Službeni glasnik RS br. 91/2005) (originalni naslov: Pravilnik o projektiranju cest (Ur.l. RS št. 91/2005)).

[23] Tehnička specifikacija za javne puteve » ODVODNJAVANJE PUTEVA« - predstavljenje, stanje, predlog dopune, Boris Stergar, Stručni skup Odvodnja puteva, DRC, 3. novembar 2009 (originalni naslov: Tehnična specifikacija za javne ceste » ODVODNJAVANJE CEST« - predstavitev, stanje, predlog dopolnitve, Boris Stergar, Strokovno posvetovanje Odvodnja cest, DRC, 3.november 2009)

[24] Kanalisanje kišnih voda«, Jovan Despotović, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 2009.

SAVREMENI PRINCIPI I METODOLOGIJA GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANjA I ISPITIVANjA U PUTNOM INŽENjERSTVU

Vladeta Vujanić[1]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com

Rezime: *Geotehnička istraživanja i osmatranja predstavljaju veoma značajan deo planiranja, projektovanja, građenja i održavanja puteva. U mnogim slučajevima geološki i geotehnički uslovi su od presudnog uticaja na izvodljivost, koštanje i sigurnost putne saobraćajnice kao objekta. Zbog toga je nužno stalno praćenje i unapređivanje savremenih principa i metodologije geotehničkih istraživanja. U radu će biti prikazana najvažnija dosadašnja iskustva, iz svetske i naše prakse, kao i pravci daljeg razvoja savremene metodologije istraživanja, pri rešavanju geotehničkih problema, što je od interesa za stručnu javnost na prostoru RS, a i šire.*

Ključne reči: *Put, savremeni pristupi i metodologija geotehničkih istraživanja*

1. UVOD

Put predstavlja složen sistem, koga čine stvoreni elementi u funkciji saobraćaja i terena. Između stvorenih elemenata i terena prisutna je stalna interakcija, i to, kako u **fazi njegove izgradnje**, tako i u **fazi njegove eksploatacije**. Prostor u kome se analizira, položaj i funkcija puta, čine tri čvrsto povezane sredine: geološka, stvorena i društvena sredina.

Putne saobraćajnice, kao linijski objekti imaju (specifična) svojstva, koja ih razlikuju od većine ostalih građevinskih objekata. Pre svega, to je njihova neposredna i (vrlo) tesna veza sa geološkom sredinom. Ta veza se manifestuje u vidu neposrednog i posrednog uticaja saobraćajnice na promenu niza svojstava terena, i na **povratni** uticaj terena na saobraćajnicu. Prema savremenim shvatanjima putna saobraćajnica i teren na kom je izgrađena, **predstavljaju jedinstvenu celinu**.

Opšte uzev, zona uzajamnog uticaja saobraćajnice i geološke sredine može biti jako različita, počev od nekoliko m^2, pa do više km^2. Zato se pri projektovanju saobraćajnice teži prilagođavanju **konstrukcije puta i objekata na njoj**, inženjerskogeološkim i geotehničkim uslovima terena. Prilagođavanje saobraćajnice, tim uslovima je veoma složen problem, koji zahteva, kako poznavanje svojstva građevinskih konstrukcija puta, tako i poznavanje svojstava geološke sredine, do zone međusobnog uticaja (objekata i terena).

Pošto putevi, kao linijski objekti ostvaruju neposredan kontakt sa geološkom sredinom (velike dužine, a često i značajne širine), otuda je poznavanje geotehničkih svojstava te sredine od velikog, a često i presudnog značaja za njihovu racionalnu izgradnju i korišćenje. Dugo se pri planiranju i projektovanju puteva rukovodilo idejom da se traka puta položi po terenu, sa manjom količinom iskopa i nasipa, a ako se to ne može izbeći, onda da se njihov odnos bar približno izjednači, kako bi materijali iz iskopa služili za nasipanje. Time se smanjivao obim radova, ali se istovremeno i najmanje remetilo prirodno stanje geološke sredine. Savremeni putevi, međutim, da bi odgovorili zahtevima za velikim protokom saobraćaja, velikim brzinama, visokim nivoom sigurnosti i konfora, sve više narušavaju geološku sredinu, dubokim i dugačkim tunelima, mostovima i vijaduktima, dubokim usecima i visokim nasipima. Time je značaj geotehničkih istraživanja, postao **još veći**, kako kod izbora optimalnog pravca trase, tako, i kod izbora najboljih rešenja u slučajevima gde su moguće alternative, i konačno za dobijanje puzdanih parametara za projektovanje, **kada je taj izbor poznat**.

Zato, danas (u savremenim uslovima), kod planiranja i projektovanja putnih saobraćajnica, radi tim, **različitog** (stručnog) profila, među kojima značajno mesto zauzimaju inženjeri geolozi, čija je uža specijalnost, **inženjerska geologija**, odnosno **geotehnika**.

Ovaj rad ima za cilj prepoznavanje i analizu, najčešćih geotehničkih problema kod projektovanja i izgradnje puteva, i njihovo rešavanje, primenom savremenih principa i metoda geotehničkih istraživanja i ispitivanja.

2. OPŠTI METODOLOŠKI PRISTUP GEOTEHNIČKIM ISTRAŽIVANjIMA ZA PUTEVE

S obzirom na činjenicu, da su, **kod projektantskog odlučivanja**, geotehničke karakteristike geološke sredine **veoma značajne**, jer u velikoj meri utuču na „izvodljivost“ i „koštanje“ putne saobraćajnice, tipična opšta pitanja (u tom slučaju), na koja geotehnička istraživanja treba da daju odgovore (u svim fazama i nivoima projektovanja i izgradnje), su:

- da pruži projektantu potrebne elemente o geotehničkim svojstvima terena, kako bi on vodeći računa i o ostalim činiocima (voznodimaničkim, ekonomskim, sigurno snim), **izabrao najbolju trasu saobraćajnice**. Zbog toga, geotehnička istraživanja moraju započeti u prvim fazama i produžiti se kroz sve faze projektovanja, a završiti se kontrolnim ispitivanjima u toku, odnosno oskultacionim merenjima posle završeog građenja saobraćajnice;
- da omogući rešenje svih geotehničkih problema, koji se javljaju na izabranoj trasi, a pre svega, problema stabilnosti terena tokom i posle završenog građenja saobraćajnice;
- da pruži podatke o geotehničkim svojstvima, **merodavnim za izvršenje zemljanih radova**, tj. radova na iskopu, transportu i ugrađivanju, kao i za izbor najpogodnije mehanizacije za izvršenje ovih radova;
- da pruži merodavne podatke za **određivanje cena koštanja izvršenja brojnih radova** (zemljani radovi, fundiranje objekata, izgradnja tunela, itd.);
- da olakša izvršenje svih radova i njihovu **kontrolu kvaliteta**, kao i **bezbednost** tokom građenja.

Da bi se ovo postiglo, moraju se uvažavati, sledeća tri uslova:

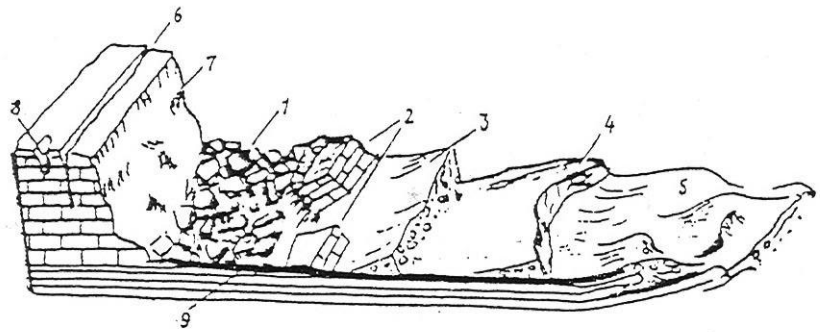
1. Stalna saradnja projektanta i geotehničara. Dobar projekat saobraćajnice, nije suma jedne geometriski dobre trase saobraćanice i dobrog geotehničkog istraživanja terena. Ona proizilazi iz neposredne saradnje i uvažavanja geotehničkih činioca pri izboru trase saobraćajnice. Geotehničari, zato moraju tokom čitavog projektovanja sarađivati sa projektantima.
2. Prilagođavanje principa i metoda geotehničkih istraživanja, određenim uslovima terena i problemu koga treba rešiti. Dva projekta saobraćanica, nikad nemogu biti ista. Zato svaki teren i svaka faza projektovanja zahtevaju određene optimalne metode, obim i sadržinu geotehničkog istraživanja, u zavisnosti od geološke građe terena, regionalne morfologije, karakteristika saobraćanice, klime i hidrologije područja, itd. Zbog individualnosti svakog terena koji se istražuje i veoma neravnomerno raspoređenih teškoća koje dolaze od geotehničkih karakteristika terena, treba za svaku saobraćajnicu koja se projektuje, **izraditi program** (projekat) **istraživanja**, kojim se definiše obim i vrste istraživanja terena, za svaku fazu (nivo) projekta.
3. Jasno i pregledno prikazivanje rezultata geotehničkih istraživanja. Korisnici geotehničkih istraživanja su retko geotehničari. Zato je potrebno da rezultati (zasnovani sa visokim stepenom pouzdanosti), budu pregledno prikazani, a **zaključci precizni i jasni**.

2.1 Geotehnički problemi u vezi projektovanja puteva

Uticaj geološke sredine na izgradnju puteva je vrlo značajan i raznovrsan, koji se često tokom izgradnje iskazuje pojavom problema, **različitog obima i intenziteta**. Neki, od tih, problema imaju poseban značaj.

Građevinski radovi pri izgradnji puteva u brdovito – planinskimterenima, često dovode do promene stabilnosti terena. Izvođenjem „zemljanih radova“ u većini slučajeva teren postaje **nestabilan** ili **nestabilniji** nego što je pre toga bio, a samo u nekim slučajevima izgradnja saobraćajnica dovodi do povećanja stabilnosti.

Najčešći vidovi izmene stabilnosti terena su: kliženje, puženje, odronjavanje, osipanje i kašasto tečenje, sl. 1

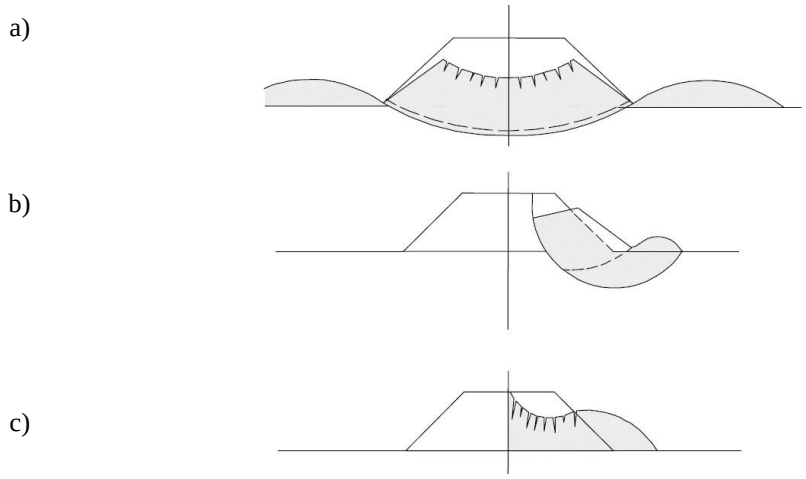


Slika 1. *Neki od gravitacionih procesa na prirodnim padinama, po A.F. Jakušovoj; 1- odron, 2 – blokovsko klizanje, 3 – terasirane padine, 4 – terasni otseci, 5 – zatalasane površine usled klizanja, 6 – zjapeće pukotine otkidanja, 7 – otsek odrona, 8 – propadanje tla i 9 – klizni valov*

Idealne uslove za gradnju saobraćajnica – prema inženjerskogeološkim i geotehničkim kriterijumima – pružaju **stabilni i nestišljivi tereni**, sa horizontalnim **nerazuđenim reljefom**, bez površinskih vodenih tokova i sa maksimalnim nivoom izdani, dubljim od 3,0 m. Saobraćajnica, izgrađena na takvom terenu bila bi najkraća veza između dva mesta, minimalne debljine kolovozne konstrukcije i bez objekata (propusta, vijadukata, mostova, nasipa, tunela, zaštitnih konstrukcija i dr.), **dakle najjeftinija**.

Nestabilni i **labilni tereni**, po pravilu, zadaju najveće teškoće graditeljima, naročito kada nisu dovoljno proučeni. Prema današnjem shvatanju saobraćajnica i teren na kome je izgrađena, **predstavljaju jedinstvenu celinu**. To znači, da nestabilan teren može da izazove oštećenja saobraćajnica i obrnuto građevinske konstrukcije, **neprilagođene** geotehničkim svojstvima terena mogu da izazovu poremećaje stabilnosti, **do tada stabilnog terena**. Budući da svaka velika deformacija izaziva velika naprezanja i deformacije konstrukcije saobraćajnice, koje one normalno ne mogu preuzeti, to stabilnost terena značajno utiče na stabilnost saobraćajnica. U slučaju da saobraćajnica prelazi preko klizišta, bujica, sipara i sl., potrebna je melioracija terena, tj izrada skupših zaštitnih (sanacionih) melioracionih konstrukcija (potporni zidovi, drenaže, i dr.), ili izrada veštačkih konstrukcija iznad površine terena, kao što su vijadukti i mostovi i sl., ili pak, objekata spuštenih ispod površine terena (tuneli).

Najekonomičnije kolovozne konstrukcije mogu se uraditi na nestišljivim terenima. Da bi se postigao zadovoljavajući kvalitet kolovozne konstrukcije na stišljivoj podlozi, **neophodno je povećanje njenih dimenzija i kvaliteta ili zamena materijala u posteljici**. Veoma stišljiva tla, kao što su tresetišta ili nekonsolidovane vodom zasićene gline, predstavljaju veliku prirodnu prepreku za građenje saobraćajnica, iako većina objekata na njima prenosi mala specifična opterećenja. Tehnički problemi koje treba rešiti, pri znatnoj debljini ovakvih naslaga, su veoma veliki i skupi, što praktično onemogućuje gradnju na tim terenima (primeri Ljubljanskog barja i Koparskog blata), sl. 2.



Slika 2. *Karakteristični primeri deformacija nasipa na malonosivom tlu kao posledica: a – prekoračenja nosivosti, b – prekoračenja čvrstoće pri smicanju, c – istiskivanja mekog tla neposredno ispod nasipa*

Zahtevi za sve težim vozilima i sve većim brzinama kretanja uslovljavaju takve elemente saobraćajnica, **koji se često ne mogu prilagoditi postojećem reljefu**. Zato je pri njihovom građenju neophodna izrada dubokih useka, zaseka i visokih nasipa (često veoma dugačkih), naročito u brdovito – planinskim terenima. Izvođenjem takvih radova redovno se menja površina, debljina i dubina zone površinskog raspadanja stenskih masa, zatim, stanje i režim podzemnih voda. Pri tome, proces fizičko-hemijskog raspadanja može biti aktivan i buran ili, suprotno, umiren i onemogućen. Sa gldišta ekonomičnosti najpovoljnije bi bilo, da kosine useka budu vertikalne, jer je u tom slučaju iskop stenske mase i transport iskopanog materijala do deponije najmanji. Međutim, izuzetno su retki delovi terena u kojima useci mogu da budu vertikalni. Praksa je pokazala da su u kamenitim (elastičnim), stenskim masama kosine useka stabilne, pri nagibu od 5:1 do 1:1, a u plastičnim i sipkim steskim masama, najstrmije do 1:1.

Najteži i najskuplji objekti na saobraćajnicama, su mostovi i tuneli. Da bi smanjili njihov broj i dimenzije, projektanti se trude da **trasu puta maksimalno prilagode oblicima reljefa**. Zato planinski, naročito jako razuđeni tereni stvaraju izuzetne probleme. Usvajanjem manjih poluprečnika krivina i većih nagiba nivelete (što pogršava uslove za vožnju, odnosno troškove eksploatacije), smanjuju se dimenzije i broj objekata, **ali se povećava dužina trase**.

Savremena tehnologija građenja saobraćajnica zahteva maksimalno korišćenje mehanizacije. Zato prisustvo veoma tvrdih, čvrstih i žilavih stena u usecima, tunelima i drugim objektima znatno usporava i poskupljuje radove.

Prisustvo vode na samoj površini terena ili u njenoj neposrednoj blizini, **nepovoljno utiče na uslove izgradnje saobraćajnica**, na više načina:

a) velikom količinom otežava izradu i održavanje useka, nasipa, temeljnih jama i tunela i dr.;
b) nepovoljno utiče na fizičko-mehanička svojstva stenskih masa (naročito glinenih);
c) ubrzava proces klizanja duž predisponiranih površina, ili po zonama kliženja kod aktivnih klizišta;
d) kombinovano sa štetnim dejstvom mraza može deformisati pojedine delove kolo- vozne konstrukcije i posteljicu;
e) agresivno deluje na građevinske materijale, kad sadrži rastvorene anjone (Cl, SO_4, CO_2 i dr.).

Zbog fenomena kapilarnog izdizanja podzemnih voda njihovo prisustvo se, u zavisnosti od hidrogeoloških svojstava (kolektora) stenskih masa, može osetiti i **do nekoliko metara**, iznad nivoa izdani. Dakle, da bi se umanjio, ili potpuno odstranio ovaj nepovoljni uticaj, potrebno je izvesti niz dodatnih radova (kaptaže izvora, hidroizolacija tunela, drenaže, odvodne kanale, zaštitne zidove i dr.), što **dovodi do daljeg poskupljenja troškova građenja**.

Na savremenim saobraćajnicama troše se ogromne količine geološkog građevinskog materijala (kamena, šljunka, peska, glina i dr.). Sa gledišta ekonomičnosti i građenja najpovoljniji su tereni, gde se lokalni materijali mogu koristiti u max. Mogućoj meri. Nasuprot tome, su tereni gde ne postoje kvalitetne stenske mase za izradu raznih elemenata trupa puta i kolovozne konstrukcije, pa **troškovi izgradnje** (zbog dovoženja materijala sa većih daljina, ili pak, upotreba alternativnih, veštačkih, sekundarnih materija), **mogu znatno da porastu**.

Dakle, **realni tereni** preko kojih treba izgraditi saobraćajnice, mogu da budu znatno **nepovoljniji** za izgradnju od **idealnih**. Grubi proračuni su pokazali, da se pri, izrazito nepovoljnim inženjerskogeološkim uslovima (kao što su to, na primer, na nekim deonicama železničke pruge Beograd – Bar, ili na autoputu E-75 kroz Grdelicu), u odnosu na idealno povoljne, troškovi građenja **povećaju, i do 10 puta**. U ekstremnim slučajevima jedinična cena koštanja saobraćajnice na najtežim objektima (veliki mostovi, veliki tuneli), i prelazima preko velikih i dubokih klizišta, može da bude i znatno veća.

Međutim, od nepovoljnih inženjerskogeoloških i geotehničkih uslova, može da bude još nepovoljnije, nedovoljno poznavanje tih uslova, što u praksi, često dovodi do jednog od sledećih sučajeva:

1) POGREŠNA PROCENA TERENA:
   a) **Optimističko tretiranje terena**: neuočavanje nestabilnih i labilnih padina, projektovanje strmijih nagiba kosina i dr. Kao posledica se javljaju klizanja i odroni kosina, deformacije kolovozne konstrukcije i dr.;

   b) **Pesimistička ocena terena**: izrada blažih kosina od optimalnih, izrada nepotrebnih zaštitnih konstrukcija, ili njihovo predimenzionisanje, dublje temeljenje i slično, **što kao posledica ima povećanje troškova građenja**, i

2) NEDOVOLJNA (NEREALNA) PROCENA TERENA:
   Određivanje pogrešnih nagiba kosina useka i nasipa, pogrešnih dimenzija zaštitnih konstrukcija i objekata i sl. Posledica ovakvog projektovanja su, kako povećanje troškova građenja, tako i deformacije saobraćajnice.

2.2. Obim geotehničkih istraživanja terena u zavisnosti od faze – nivoa projektovanja

Iako kod nas ne postoji zakonska regulativa, kojom se precizno reguliše vrsta i obim neophodnih istraživanja terena za potrebe projektovanja i građenja saobraćajnica, (mada se, u novije vreme čine pokušaji sa donošenjem „Smernica“ za ovu problematiku, koje su zasnovane, uglavnom, na Eurocod-u 7 i 8, i drugim odgovarajućim EN standardima), ovde ćemo izneti neka naša zapažanja i iskustva o ovom problemu.

Sigurno je da obim geotehničkih istraživanja zavisi od, **složenosti geološke građe terena** (sastava i sklopa), od **reljefa terena**, **ranga puta** i od faze (nivoa) projektovanja, odnosno građenja. To su objektivni činioci, međutim, često postoje i subjektivni činioci kao što su: **finansijske mogućnosti investitora ili vremenski rokovi za istraživanje i projektovanje**, i dr.

Bez obzira na ove razloge, već u početku kod izrade projekta, odnosno programa istraživanja treba izdvojiti (kategorisati), delove terena kojim prolazi trasa puta, **prema teškoćama koje se nameću provođenju trase**. Ne treba stvarati veštačke probleme, tamo gde ih nema, već istraživačke napore treba koncentrisati, tamo gde to složenost terena zahteva. Ovde se ne misli na složenost topografije koja dovodi do velikih zamljanih radova i veštačkih objekata, **već na složenost geološke građe terena, odnosno njegovu stabilnost, tokom, i posle izgradnje puta**.

2.3 Faze geotehničkih istraživanja u funkciji planiranja i projektovanja

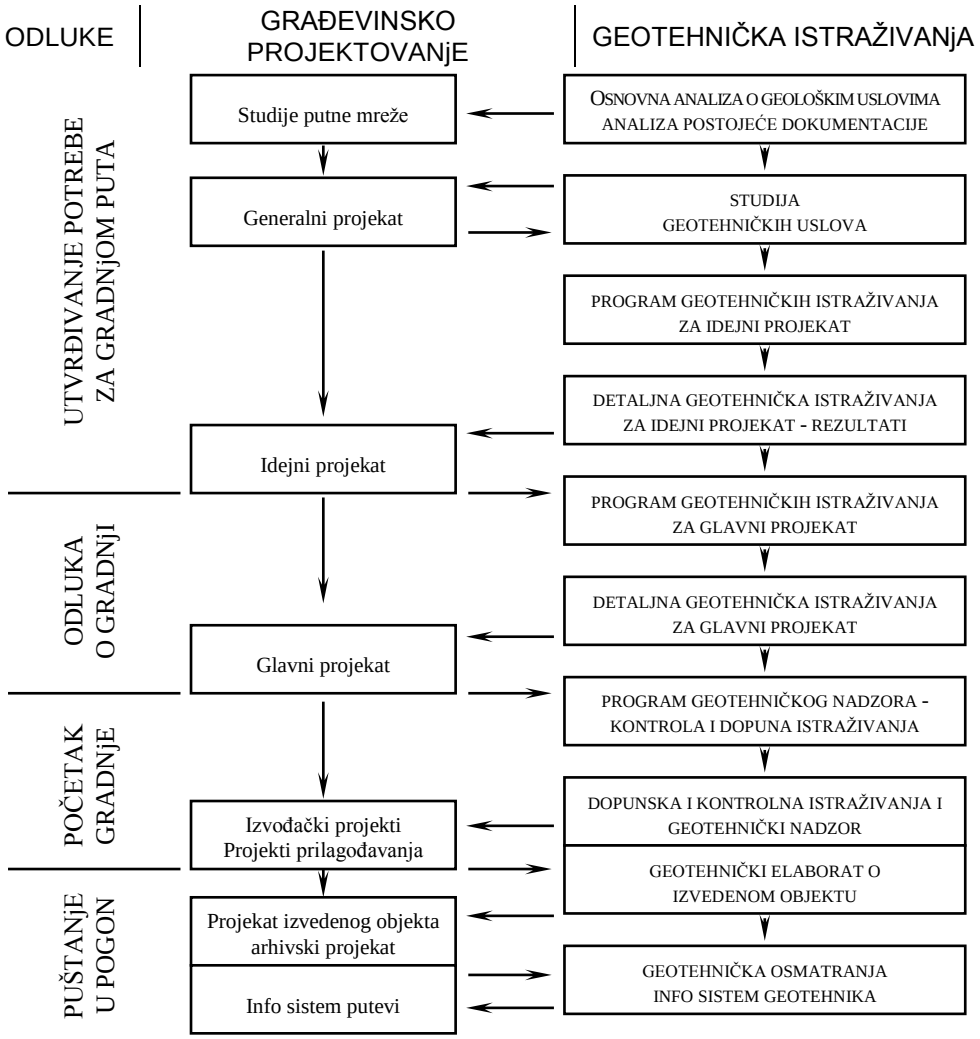
Sobzirom na interativni postupak i metode odlučivanja u projektovanju putnih saobraćajnica, kao i potrebu, neposredne saradnje više različitih struka u planiranju, projektovanju i izgradnji saobraćajnica, proces realizacije jedne saobraćajnice, **sastoji se od nekoliko uzastopnih faza**.

- studija putne mreže,
- generalni projekat
- idejni projekat
- glavni projekat
- izvođački projekat
- projekat izvedenog objekta, i po potrebi
- info sistem puta

U skaldu sa važećim zakonom i tehničkom regulativom, pa i savremenom praksom **Geotehnička istraživanja**, treba da prethode odgovarajućim fazama planiranja i projektovanja i čine sastavni deo tih aktivnosti. Samo na osnovu njih, projektanti mogu da odaberu optimalni položaj trase puta i racionalne njegove elemente konstrukcija. Stepen poznavanja geotehničkih svojstava terena u svakoj fazi istraživanja treba da bude takav, da se suštinski ne razlikuju od kasnije, **u redosledu izvedenih istraživanja**.

Pri tome, svakom nivou planiranja i projektovanja, prethode odgovarajuće geotehničke **studije, i elaborati** o rezultatima detaljnih geotehničkih istraživanja ili osmatranja, te **geotehnički projekti**.

Odnos geotehničkih istraživanja prema aktivnostima planiranja i projektovanja, prikazan je na sl. 3.



Slika 3. *Odnos geotehničkih istraživanja prema aktivnostima planiranja i projektovanja*

Istraživanje po navedenoj shemi redosleda aktivnosti i odlučivanja, u suštini, treba da obezbedi dosledno poštovanje **osnovnih principa** geotehničkih istraživanja. To su „**principi postupnosti, potpunosti, ravnomernosti i ekonomičnosti istraživanja**“. **Princip postupnosti**, se ostvaruje samom višefaznom realizacijom istraživanja. Pri tome se podrazumeva, da u svakoj fazi, ostvareni zadaci istraživanja i usvojeni zaključci moraju biti dovoljno pouzdani, kako u narednim fazama detaljnih istraživanja ne bi bili demantovani. Time se uglavnom ostvaruje i **princip potpunosti istraživanja**. **Ravnomernost istraživanja**, podrazumeva približno isti stepen istraženosti geotehničkih uslova, najpre za sve koridore i sve alternativne varijante trase, a po usvajanju trase, za sve njene deonice. Približno isti stepen istraženosti, naravno, ne podrazumeva istu gustinu istražnih radova, pa čak ni istu vrstu radova. Broj i vrste istražnih radova u svakoj fazi projekta prilagođavaju se specifičnim svojstvima terena i karakteristikama objekata, a isti stepen istraženosti podrazumeva, **približno istu pouzdanost zaključaka**, koji se, na bazi rezultata istraživanja usvajaju. **Princip ekonomičnosti istraživanja**, podrazumeva da se svi prethodni principi dosledno ispoštuju, **uz minimalne moguće troškove**.

2.4 Ciljevi geotehničkih istraživanja

Pod ciljevima geotehničkih istraživanja, podrazumevamo obezbeđenje uslova za optimalni izbor svih planskih i projektnih rešenja koja zavise od svojstava geološke sredine. Drugim rečima, ciljevi istraživanja su tačno predviđanje i regulisanje svih vidova interakcije terena i objekata sa geološkom sredinom.

Interakcija objekta i geološke sredine, je skup uzajamnih uticaja veštačkog objekta i geološke sredine, u svim fazama građenja i eksploatacije objekta. I za istu vrstu objekta, interakcija se može manifestovati u različitim vidovima i sa različitim intenzitetom. To zavisi od karakteristika geološke sredine i karakteristika veštačkog objekta, odnosno od promene prirodnih uslova do koje dolazi tokom građenja i korišćenja objekta.

Interakcija se menja tokom vremena, uglavnom, u smislu promene intenziteta pojedi- nih njenih vidova. Ređe se tokom vremena javi, i novi vid interakcije.

Svaki vid interakcije se dešava u određenom području geološke sredine, bliže ili dalje od objekta. Prostor ukupne interakcije (područja svih vidova interakcija), **je ujedno istražni prostor za dati objekat**.

Različiti vidovi interakcije se mogu svrstati u nekoliko osnovnih grupa:
- **statičke** – *(nosivost i sleganje tla ispod objekta, povećana zbijenost tla usled opterećenja objektom i sl.);*
- **dinamičke** – *(dejstvo zemljotresa na objekat, indukovana seizmičnost od objekta, dinamički uticaj od građenja ili korišćenja objekta i sl.);*
- **hidro-dinamičke** – *(filtracija vode ispod objekta, promene režima izdani usled dreniranja ili izrade hidroizolacija, mehanička sufozija tla pod objektom i sl.);*
- **fizičko-hemijske** – *(uticaj povišenih temperatura na objekat, promena temperaturnog režima izgradnjom objekta, zagađenje tla i podzemnih voda, agresivni uticaji podzemnih voda, promena reljefa iskopima ili nasipanjem i dr.).*

Ciljevi istraživanja, **logički slede iz problematike koja se rešava odgovarajućom fazom plana ili projekta**. Pojedini od njih se realizuju u jednoj ili više faza, dok su neki predmet analiza tokom celokupnog procesa istraživanja i projektovanja, ali sa različitim stepenom detaljnosti i pouzdanosti analiza i zaključaka. Kako su ciljevi istraživanja specifični za različite objekte, to se mogu razlikovati, oni koji su **opšti** – za celu trasu ili deonicu, i **posebni** – za pojedine objekte.

Opšti ciljevi istraživanja, koji se odnose na trasu u celini ili pojedine deonice, su:
- izbor koridora i trase puta;
- izbor načina iskopa i opreme za iskope, obzirom na otpornost stenskih masa prema otkopavanju;
- izbor stabilnih nagiba kosina useka i zaseka i mera zaštite kosina radi očuvanja stabilnosti;
- uslovi prevođenja trase preko klizišta i drugih nestabilnih padina i izbor mera njihove sanacije;
- način ugradnje nasipa, nagibi i stabilnost kosina, mere zaštite;
- nosivost podloge puta u slučaju izgradnje na malonosivom tlu, posebno ako je deonica u nasipu ili na objektima;
- zaštita puta od površinskih i podzemnih voda, uslovi odvodnjavanja i dreniranja;
- izbor materijala i načina građenja podloge i kolovozne konstrukcije, obzirom na svojstva tla;
- izbor materijala za nasipe, za betonski i asfaltni agregat, obzirom na postojeća ili potencijalna lokalna nalazišta;
- izbor drobilišnih postrojenja i druge opreme, obzirom na svojstva lokalnih materijala;
- izbor mesta i načina deponovanja viška materijala iz iskopa;
- uticaj građenja i korišćenja puta na okolinu i uslovi zaštite od eventualnih štetnih uticaja, posebno zaštita tla i podzemnih voda, kao dela životne sredine.

Posebni ciljevi istraživanja, koji se odnose na pojedine objekte, su:

a) ZA TUNELE**:**
- izbor mikrolokacije (trase i nivelete) tunela;
- uslovi i način iskopa, izbor tehnologije iskopa;
- privremena stabilnost iskopa, razrada profila, dužina i vreme trajanja iskopa bez podgrade, rešenje privremene podgrade i sl.;
- trajna stabilnost tunela, naponi i deformacije stenske mase posle iskopa, pritisci na oblogu;
- pojave podzemnih voda i njihov uticaj na uslove građenja i eksploatacije tunela, rešenje hidroizolacije i drenaže;
- pojave štetnih gasova, mere zaštite i kontrole, tehnologija rada u prisustvu gasova, kriterijum uvođenja i ukidanja gasnog režima;
- uslovi izgradnje portalnih delova tunela, stabilnost padine i kosina po iskopu i obezbeđenje stabilnosti;
- mogućnost korišćenja materijala iz iskopa za gradnju tunela i drugih objekata na putu;
- uslovi deponovanja viška materijala iz iskopa;
- uticaj izgradnje i korišćenja tunela na okolni teren i objekte, prognoza uticaja, mere zaštite i osmatranja.

b) ZA MOSTOVE I PROPUSTE
- izbor mikrolokacije mosta;
- uslovi fundiranja, dubina i vrste temelja, dozvoljeno opterećenje i sleganje podloge;
- način iskopa i zaštita temeljnih jama;
- stabilnost stubova i konstrukcije u celini;
- mogućnost korišćenja lokalnih materijala za gradnju, materijala iz iskopa i uslovi deponovanja viška materijala. Ovaj cilj, može biti rešavan i kroz opšte ciljeve koji se odnose na trasu.

Na sličan način, mogu se definisati, i **posebni** ciljevi istraživanja, za duboke zaseke i useke, zaštite visokih kosina, visoke nasipe, ležišta lokalnih građevinskih materijala i sl.

2.5 Istražni prostor

Istražni prostor, predstavlja deo geološke sredine (bliža ili dalja okolina objekta), koji je predmet istraživanja. Njega, pre svega, određuju vidovi i intenzitet interakcije. Veoma je značajno, da se kod svakog objekta pravilno procene mogući vidovi i intenziteti interakcije i područja u kojima se pojedini vidovi ispoljavaju, **jer se za svako posebno područje interakcije planiraju odgovarajuća istraživanja i ispitivanja.**

Tako, na primer, kada se analizira dinamička interakcija puta i geološke sredine i to onaj njen deo koji se svodi na mogući uticaj zemljotresa na stabilnost trupa puta – nasip i kosine i objekata na njemu, istražni prostor predstavljaju one geotektonske jedinice u kojima se nalaze potencijalna žarišta zemljotresa, koji mogu biti opasni za put i njegove objekte. Za taj prostor se sprovode geološko-seizmološke i neotektonske analize koje omogućavaju **pravilnu procenu hazarda i rizika od zemljotresa za planirane objekte**.

Uticaj puta na promene režima ili zagađenja izdanskih voda izučava se u prostoru izdani na koju može uticati gradnja ili eksploatacija puta, ili u slučaju izrazito prostranih izdani (na primer, u širokim aluvijalnim ravnima), istraživanja zahvataju deo tih izdani **koji, u najgorem potencijalno mogućem slučaju, može biti ugrožen**.

Po sebi se razume, da se u svakom području posebnog vida interakcije, sprovode istraživanja koja će omogućiti uspešnu prognozu, kontrolu pa i regulaciju tog tipa interakcije. Kako se područja vidova interakcije međusobno, više ili manje preklapaju, to se pri projektovanju istražnih radova, **u svakoj fazi istraživanja**, teži izboru optimalnog broja i vrsta istražnih radova, **koji će omogućiti rešenje svih zadataka i postizanje svih ciljeva zbog kojih se istraživanja izvode**.

U odnosu na navedeni kriterijum, **granice istražnih prostora** se mogu proširiti, samo u onim slučajevima kada se zbog specifičnosti geoloških uslova (bolja otkrivenost stenskih masa, karakteristično pružanje strukturnih oblika i sl.), deo istražnih radova sprovodi i van područja interakcije, jer se na taj način i samo to područje može ekonomičnije i potpunije istražiti.

Pri geološkim istraživanjima za planiranje, projektovanje i građenje puteva, **generalno se mogu izdvojiti sledeći istražni prostori**:
1. Susedne i dalje geotektonske jedinice
2. Mogući alternativni koridori
3. Izabrani koridor

4. Širi prostor oko trase i pojedinih objekata
5. Lokacije mogućih pozajmišta i deponija
6. Lokacije pojedinačnih objekata

Za istražne prostore od 1 – 3, se **posebno ne definiše dubina** od površine terena do koje dopire istražni prostor, mada se ona podrazumeva. To je iz razloga, što se u okviru tih istražnih prostora ne istražuju lokacije konkretnih objekata, niti rešava pitanje njihove interakcije sa geološkom sredinom.

Za istražne prostore od br. 4 – 6 je, međutim, **neophodno definisati i dubinu** do koje se sprovode određeni istražni postupci i analize. Pri tome, se za prostor trase i objekata (istražni prostori 4 i 6), kriterijum dubine određuje na osnovu prognoze mogućeg područja interakcije objekta sa geološkom sredinom. Za istražni prostor br. 5, kao kriterijum služe zahtevi za obezbeđenje potrebnih rezervi građevinskog materijala ili definisanje uslova njihove eksploatacije.

2.6 Zadaci geotehničkih istraživanja

Pod **zadacima istraživanja**, podrazumevamo sva ona svojstva i stanja stenskih masa i terena čije je poznavanje bitno za razrešavanje napred navedenih ciljeva istraživanja.

Zadaci istraživanja, tako shvaćeni, mogu se podeliti na šest osnovnih grupa podataka:
1. karakteristike reljefa terena;
2. geološka građa terena;
3. stanja i svojstva podzemnih voda (hidrogeološke karakteristike);
4. aktivnost savremenih geoloških procesa i rezultati njihovog delovanja;
5. fizičko – mehanička svojstva stenskih masa i naponska stanja u njima;
6. geološko – građevinski materijali.

Pojedini zadaci su u direktnoj vezi sa odgovarajućim ciljevima istraživanja. Pri tome, međutim, neki od njih su značajni za rešavanje jednog ili više, a drugi za sve ili većinu ciljeva. Zadaci istraživanja se takođe, mogu vezivati i za odgovarajuće istražne prostore.

2.7. Metode i postupci geotehničkih ispitivanja za puteve

U okviru geotehničkih istraživanja za puteve, zavisno od lokalnih geoloških uslova, koji su čak, **i za jedan putni pravac**, po pravilu, vrlo raznovrsni, primenjuju se brojni postupci istraživanja. Kako su isti najvećim delom standardizovani, to ćemo u daljem tekstu dati, samo njihov tabelarni pregled i označiti u kojoj fazi istraživanja je primena pojedinih od njih najčešća i najvažnija (tabela 2).

Tabela 1. – Elementi geotehničkih uslova za razne nivoe projektovanja

Važniji elemeni g.t. uslova terena kao prirodne konstrukcije			Faza – nivoi projektovanja i građenja: GP	IP	GIP	IzvP
Karakteristike reljefa	Morfogenetsko rasčlanjivanje reljefa		P			
	Morfogenetsko izučavanje reljefa			P	P	
Geološka građa	Rasčlanjivanje do nivoa	Litostratigrafske jedinice				
		Litogenetske sredine			P	K
		Litološkog člana			D	K
Hidrogeološke karakteristike	Stanje i svojstva podzemnih voda				D	
	Svojstva stenskih masa u određenim i.g.				D	K
Geodenimički procesi i pojave	Rekognosciranje – evidentiranje					
	Aktivnosti (prostorno definisanje)		P		D	K
Fizičko - mehanička svojstva stenskih masa	Vizuelna identifikacija					
	Opitima „in citu“ utvrđena					K
	Laboratorijski određeni		P			K
Geološko - građevinski materijali	Registrovanje potencijalnih rezervi		P			
	Upotrebljivost – kvalitet materijala		P			K

LEGENDA D Primenjuje se kao dopunska P Primenjuje se po potrebi K Primenjuje se kao kontrola

2.8. Specifičnost istraživanja u različitim fazama planiranja i projektovanja

Zadaci geotehničkih istraživanja u svakoj fazi (nivou) planiranja i projektovanja (a time i vrste i obim istražnih radova), proizilaze iz zadataka samog plana i projekta. Zbog toga, svaka faza istraživanja **ima svoje posebne, konkretne zadatke**, koje mora u potpunosti i dovoljno pouzdano razrešiti. Ona istovremeno čini,

deo jedne šire logične celine koju predstavljaju sva istraživanja tokom planiranja, projektovanja, građenja i osmatranja jednog objekta (tabela 3).
Studija putne mreže, zasniva se na najopštijim podacima iz literature, stručne dokumentacije, postojećih geoloških karata i sl. Obično se odnosi na odgovarajuće teritorije, a ne pojedine putne pravce, pa se i radi, **u okviru izrade prostornog plana države, republike ili eventualno užih administrativnih celina**.

Studija geotehničkih uslova koja prethodi Generalnom projektu, služi kao podloga za njegovu izradu, ima za cilj da definiše koridor i, eventualno unutar njega, različite varijante trase puta na deonicama gde su za izbor varijante nužna detaljnija istraživanja. Ova dokumentacija se radi u razmeri generalnog projekta, 1:25000, retko 1:10000. Za naj- važnije objekte, i tzv. „teška mesta“ na trasi, obično se u okviru generalnog projekta rade idejna rešenja. Da bi se to postiglo, prostor istraživanja može biti mestimično i vrlo širok, sa više potencijalnih koridora od kojih se, na osnovu rezultata studije, bira optimalni. Pri tome se vrši procena geotehničkih uslova analizom svih činioca koji su relevantni za uslove građenja puta i **skupna ocena njihovog uticaja**. Ta ocena, iako je pretežno kvali- tativnog karaktera, prikazuje se u obliku rejonizacije terena, **gde svaki rejon podrazu- meva slične geotehničke uslove**.

Tabela 2. – Vrste radova koji se spravode u različitim fazama istraživanja (a, b, c, obim i značaj radova u pojedinim fazama)

METODE ISTRAŽIVANjA		FAZE (nivoi) PROJEKTOVANjA				
K A B I N E T S K E A N A L I Z E		GP	IP	GIP	IzvP	Expl.
1	Analiza raspoložive dokumentacije (geološka, inženjerskogeološka, geofizička, hidrogeološka, seizmološka, geotehnička, geodetska, projektna).	a				
2	Daljinska detekcija – *analiza aviosnimaka* – *analiza satelitskih snimaka*	a	b			
3	Kompleksna geomorfološka analiza – *kvantitativna analiza reljefa* – *kvalitativna analiza*		a			
4	Metode inženjerske seizmologije – *seizmogeološka ispitivanja šireg područja* – *seizmička ispitivanja lokacije i geodinamički model interakcije*	a		 a		
T E R E N S K A I S T R A Ž I V A Nj A						
5	Geološko kartiranje (šire područje)	a	b			
6	Inženjerskogeološko kartiranje lokacije		a	b		
7	Detaljno inženjerskogeološko kartiranje iskopa				a	
8	Metode geofizike – *seizmika* ∗ refrakciona ∗ plitka reflektivna – *geoelektrika* ∗ sondiranje - kartiranje ∗ skeniranje – *karotaž bušotina* – *geomagnetska ispitivanja* – *georadarska ispitivanja*		 a a a	 b a b b	 b b	 a
9	Istražno bušenje – *ispitivanje jezgra* – *ispitivanja u bušotinama*		a	b	c	
10	Istražni iskopi – *plitki* – *duboki*		a	b a	 b	
11	Penetraciona ispitivanja – SPT – *statička penetracija*		a	b		
12	Ispitivanja filtracionih svojstava i stanja podz. voda – *opiti nalivanja* – *opiti upumpavanja pod pritiskom* – *opiti crpenja* – *osmatranje režima podzemnih voda*		 a a	 b b	 c c	 d
13	Ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava i naponskih stanja u stenskim masama – *opiti deformabilnosti - presiometri - opiti mehaničkih čvrstoća* – *kontrola zbijenosti nasipa* – *specijalna ispitivanja u tunelima*		 a a	 b b	 a a	 b

L A B O R A T O R I J S K A I S P I T I V A NjA		GP	IP	GIP	IzvP	Expl
14	Fundamentalna geološka ispitivanja (mineraloška, petrološka, sedimentološka, paleontološka)		a			
15	Ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stena i tla – *klasifikacione karakteristike tla* – *prirodna stanja tla* – *mehaničke čvrstoće* – *deformacione karakteristike* – *karakteristike tla kao građevinskog materijala*		a	b	c	
16	Hemijska ispitivanja podzemnih voda			a	b	
17	Modelskaispitivanja i računske analize – *fizički modeli* – *matematički modeli - računske analize* – *geostatičke* – *geodinamičke* – *hidrodinamičke*		a	b	c	
I Z R A D A G E O T E H N I Č K E D O K U M E N T A C I J E						
18	PROJEKAT (PROGRAM) ISTRAŽIVANjA		x	x	x	x
19	STUDIJA GEOTEHNIČKIH USLOVA	x				
20	GEOTEHNIČKI ELABORAT / PROJEKAT		x	x	x	x

Istraživanja ovog nivoa se obično sastoje od analize postojećih geoloških, hidro- geoloških, seizmoloških, inženjerskogeoloških i drugih karata, literaturnih i fond- ovskih dokumenata, analize satelitskih i avio snimaka i rekognosciranje terena, koje eventualno, **obuhvata i manji obim terenskih radova**.

Osnovni rezultat studije je, KARTA GEOTEHNIČKIH USLOVA I OGRANIČENjA. Ta karta treba, u suštini, da bude jedna od podloga za izradu SINTEZNE KARTE OGRANIČENjA, **koja predstavlja osnovnu podlogu za generalni projekat**.
Sadržaj karte geotehničkih uslova i ograničenja (tabela 3), kao i celog geotehničkog elaborata, **zasniva se na sledeća dva principa**:

1. Prikaz elemenata geološke sredine na osnovu kojih se mogu definisati:
– uslovi izgradnje,
– moguća ograničenja.
2. Prikaz navedenih elemenata treba da bude takav da se uslovi izgradnje i ograničenja mogu ocenjivati sa:
– tehničkog aspekta,
– ekonomskog aspekta.

Rezultat ove studije predstavlja i koncept projektnog zadatka za izradu projekta odno- sno programa istraživanja za fazu **Idejnog projekta**, na osnovu koga se radi taj projekat.
Idejni projekat puta, obično sadrži projekte raznih varijanata, njihovo poređenje i **izbor optimalne trase**. Takođe se, na ovom nivou rade idejni projekti svih objekata na trasi. Razmere grafičkih dokumenata su obično 1:250 - 1:2500.

Od geotehničkih istraživanja izvode se:
– dopunska, detaljnija analiza avio i satelitskih snimaka;
– detaljno geološko i inženjerskogeološko kartiranje terena;
– geofizička ispitivanja (geoelektrična, seizmička, karotažna, a ređe i druga);
– istražna bušenja;
– terenski opiti penetracije;
– terenski opiti vodopropustljivosti;
– ugradnja pijezometara;
– laboratorijska ispitivanja uzoraka tla i stena (fizičko -mehanička, mineraloško - petrološka, sedimentološka, paleontološka) i podzemnih voda (hemijska);
– različita osmatranja (pojava nestabilnosti, nivoa podzemnih voda i dr.).

Tabela 3.: Sadržaj legende karte uslova ograničenja izgradnje puta

USLOVI I OGRANIČENjA	SADRŽAJ KARTE
OSNOVNE GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA NA KOJIMA SE ZASNIVA ANALIZA USLOVA I OGRANIČENjA	– geološka građa terena (litološki sastav, starost, tek- tonski sklop, alteracije stena, mehanička oštećenost), – morfološke karakteristike terena, – hidrogeološki uslovi, – seizmičnost
STABILNOST	A) KLIZIŠTA (i slične pojave) – po dubini, – po aktivnosti, – po vrsti materijala
	B) ZONIRANjE TERENA – po stepenu aktivnosti i broju pojava (stabilno, uslovno stabilno i nestabilno), – po dubini pojava
NOSIVOST TERENA	IZDVOJENA SLABO NOSIVA TLA – po svojstvima, – po debljini
USLOVI ISKOPA	OCENA USLOVA NA OSNOVU LITOLOŠKOG SASTAVA – čvrste stene, – lapori i gline, – peskovi, les i sl.
USLOVI ODVODNjAVANjA	TIPOVI IZDANI I MAKSIMALNI NIVOI PODZEMNIH VODA
KORIŠĆENjE LOKALNIH MATERIJALA	MATERIJALI RAZVRSTANI PO: – vrsti, – rezervama, – uslovima eksploatacije
DEPONIJE VIŠKA ISKOPA	OZNAČENE MOGUĆE LOKACIJE REZERVISANE PO: – zapremini, – uslovima deponovanja (geotehnički, hidrogeološki, saobraćajni, ekološki i dr.)
ZAGAĐENjA TLA I PODZEMNIH VODA	ZAGAĐENjA: – po vrsti i izvoru zagađenja, – po intenzitetu zagađenja (u funkciji geološko građe i rastojanja od izvora)
FIZIČKA DEGRADACIJA TERENA	DEGRADACIJA: – iskopi, – deponije, – pojačana erozija
POREMEĆAJI STABILNOSTI TERENA	POREMEĆAJI: – zahvaćen prostor, – zapremina
FIZIČKE PROMENE U TERENU	PROMENE: – po vrsti uzroka (dreniranje, nasipanje, zbijanje, zamena materi-jala), – prostor promena, – intenzitet promena

Obzirom na veliki istražni prostor, kompleksnost i obimnost istraživanja, **obično se rade posebni programi istraživanja za deonice otvorene trase, bez objekata i pojedine objekte ili grupe objekata**.

Kako istraživanja prethode izradi Idejnog projekta, kada još uvek, nije (definitivno) odabrana varijanta trase puta, istraživanja se izvode na pravcu svih alternativnih varijanti trase i objekata, pa je neophodno dosledno poštovanje pomenutog principa **ravnomernosti istraživanja**. S druge strane, nivo Idejnog projekta, pogotovo za objekte na trasi zahteva relativno visok stepen istraženosti terena, jer se njima **rešavaju svi bitni problemi** konstrukcije objekta i tehnologije izvođenja radova. Zbog toga je, **racionalno i preporučuje se**, da se istraživanja za nivo Idejnog projekta, razdvoje u dva koraka:

- *I - korak* – koji bi između postojećih alternativa omogućio izbor optimalne varijante trase i lokacija objekata, i
- *II - korak* – koji omogućije dobijanje svih podataka za odabranu varijantu trase, nužnih za nivo Idejnog prjekta.

Na nivou *Glavnog projekta,* razmere 1:100 – 1:1000, kojim se rešavaju svi tehnički detalji trase i objekata izvode se, takođe, detaljna geotehnička istraživanja, ali sada na već odabranim i, u značajnom stepenu, istraženim lokacijama. U pogledu vrsta istražnih radova koje se primenjuju, nema bitne razlike u odnosu na Idejni projekat. Istraživanja se usmeravaju na to, da **razreše sve dileme i popune sve praznine koje su ostale u Idejnom projektu**.

Tokom građenja puta, kada se Glavni projekat menja i dopunjava **saglasno stvarnim geološkim uslovima**, obavlja se geotehnički nadzor i dopunska geotehnička istraži- vanja, čiji je cilj **provera** podataka i **prognoza** na kojima je zasnovan Glavni projekat i dopuna podatka, tamo gde se utvrde bitna odstupanja od tih prognoza. Ovde spada i **kontrola kvaliteta** ugrađenih materijala i izvršenih radova u domenu koji se odnosi na prirodne materijale i zemljane radove. Rezultati ovih istraživanja, **predstavljaju podloge za izvođačke projekte**.

Pre puštanja puta u promet, a na osnovu *Arhivskog ili Projekta izvedenog objekta*, radi se, a potom realizuje **Projekat geotehničkih osmatranja**, kao što su: osmatranje sleganja mostova, visokih nasipa; sleganja iznad tunela, sleganja trupa puta ako se isti nalazi na malonosivom tlu, ili u zoni podzemne vode, eksploatacije mineralnih sirovina, osmatranje deformacija klizišta ili labilnih padina; osmatranje deformacije profila i obloge u tunelima, promena nivoa podzemnih voda, stepena i vrste zagađenja tla i podzemnih voda i dr.

3. SPECIFIČNI PROBLEMI GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANjA ZA IZBOR ALTERNATIVNIH REŠENjA OBJEKATA

Pri projektovanu puteva, pogotovo u prve dve faze projektovanja i istraživanja (Generalni i Idejni projekat), pred planere, projektante i istraživače postavlja se čitav niz dilema. Prva od njih, je vezana za izbor elemenata autoputa na deonicama otvorene trase i objek- tima, koja se razrešava uglavnom na osnovu potrebe budućeg saobraćaja i mogućnosti Investitora, da te potrebe zadovolji. Od rešenja ove dileme, zavisi u kojoj meri će put pratiti morfologiju terena, a u kojoj će, izgradnjom različitih objekata, **sve deonice**, gde trasa ne leži na površini terena prelaziti objektima?
Kad se usvoje elementi puta i izabere najpovoljnija trasa, ostaju često brojne druge dileme. Na pojedinim deonicama, rešenja **jednostavno nemaju alternative**. Takve su na primer: ravničarske trase na platoima, na aluvijalnim ravnima bez malonosivog tla i visokog nivoa podzemnih voda, prelazi rečnih tokova i brdskih masiva i sl. U velikom broju slučajeva rešenja međutim, nisu nesporna, već su moguće različite alternative, **kao na primer**:

- Da li deonicu malonosivog tla, preći visokim nasipom ili duboko fundiranom konstrukcijom?
- Da li manja topografska uzvišenja, preći tunelom ili dubokim usekom?
- Da li postojeće objekte na pravcu trase rušiti, premostiti ili proći tunelom ispod njih?
- Da li deonicu sa visokim nivoom podzemnih voda, preći visokim nasipom ili objektom, ili intervenisati na sniženju nivoa podzemnih voda?
- Da li nestabilnu padinu preći prethodnim saniranjem, premostiti duboko fundiranom konstrukcijom ili proći tunelom ispod klizišta?
- Da li strmu padinu sa mogućim odronjavanjem, preći galerijom ili izvršiti njenu stabilizaciju? Itd.

U rešavanju svih ovih dilema **poznavanje geotehničkih uslova i procena njihovog uticaja na cenu koštanja puta, ali i na njegovu sigurnost u eksploataciji, ima veoma značajnu ulogu**. U dosadašnjoj našoj praksi, brojni su primeri rešavanja svih navedenih i drugih sličnih dilema.

Izbor elemenata trase najviše zavisi od analize ukupnih troškova i moguće dobiti, a poznavanje geotehničkih uslova služi za pravilnu procenu troškova izgradnje i održavanja. Pošto se radi o prvim fazama odlučivanja, a geotehnički uslovi su samo jedan od brojnih faktora koji utiču na cenu, **dovoljna je njihova kvalitativna procena**.

Za izbor najpovoljnije trase puta i mikrolokacija objekata, nužno je izvršiti analizu uticaja svih relevantnih svojstava geološke sredine na uslove izgradnje, **a takođe i njihov zajednički uticaj**.

Tako se preko odgovarajuće kategorizacije terena i karte geotehničke rejonizacije vrednuju sve varijante trase prema geotehničkoj podobnosti za gradnju puta. Rezulati takve analize su jedan od parametara ukupnog vrednovanja na osnovu koga se bira najpovoljnija varijata trase. u slučaju dobro definisanih kriterijuma kategorizacije i rejonizacije, ovaj postupak se može u velikoj meri objektivizirati i automatizovati.

Sve ostale dileme, gde se u suštini radi o opredeljenju za povoljniju vrstu objekta (smatrajući i visok nasip i dubok usek objektima), izbor se vrši na osnovu Idejnih rešenja ili eventualno, Idejnih projekata alternativnih objekata. Zadatak geotehničkih istraživanja je, da **omoguće pravilnu procenu uslova za svaku moguću alternativu**. To znači, da alternativne mogućnosti moraju biti pravovremeno poznate, **odnosno sadržane u Projektnom zadatku za geotehnička istraživanja**.

Geotehnička istraživanja moraju biti koncipirana tako da omoguće ravnopravno razmatranje alternativa tj., da za svaku alternativu stepen istraženosti geotehničkih uslova bude približno isti, a u svakom slučaju, rezultati dovoljno pouzdani. Ovakav pristup zahteva najčešće širi istražni prostor (kako po površini terena, tako i po

dubini) i kompleksnije istražne radove. Tako na primer, ako se alternativno razmatra visoki nasip ili duboko fundirana konstrukcija, **istraživanja moraju ići do većih dubina u podlozi malonosivog tla**, nego što bi bio slučaj da se analiziraju samo geotehnički uslovi izgradnje visokog nasipa.

Pri rešavanju dileme: tunel ili dubok usek neophodno je, **pored svega onoga što bi trebalo istražiti za tunel**, veoma pouzdano definisati svojstva stenskih masa nadsloja između tunela i površine terena, stepen stabilnosti površinskih delova terena, stanje podzemnih voda i uslove dreniranja i sl.

Čak i neka laboratorijska, geofizička i druga ispitivanja zavisiće, od toga koji se objekti, **kao alternativni uzimaju u obzir**. Tako, ako se radi o dubokom useku ili kosini koju treba štititi, nužno je terenskim istraživanjima definisati prostorni položaj, orijentaciju i oblik površina potencijalnog smicanja i utvrditi parametre čvrstoće smicanja na orijentisanim uzorcima iz tih površina, ili pak odraditi njihove rezidu- alne vrednosti. Ako je u pitanju objekat fundiran u podlozi, slična ispitivanja bi se drugačije izvodila i za proračune dozvoljenog opterećenja usvajale druge vrednosti parametara čvrstoće na smicanje.

Bez obzira na navedene specifičnosti istraživanja kada se i uz pomoć tako dobije- nih rezultata moraju rešiti dileme oko izbora optimalnog rešenja, ono što je u svim slučajevima zajedničko je, **to da analiza geotehničkih uslova mora da obezbedi pouzdanu procenu cene koštanja objekta i cene održavanja uz zadovoljavajući stepen sigurnosti**.

4. ZAKLjUČAK U VIDU OPŠEG KOMENTARA KONSTATACIJA I PORUKA

S`obzirom na složenost zahteva i problema koji se postavljaju pri projektovanju i izgradnji, uopšte, saobraćajnica, neophodno je pre donošenja, bilo kakve odluke u procesu realizacije saobraćajnica, da se sprovede opsežna i sistematska analiza svih relevantnih, uticajnih faktora, **među kojima je, poznavanje geotehničkih uslova, odnosno geotehničke problematike, od izuzetnog značaja!!!**

Geotehniku treba shvatiti, **kao znanje i veštinu inženjera** da svestrano priđu rešavanju **sprege objekta i terena**, vodeći pri tome, računa o očuvanju, odnosno zaštiti prirodne sredine. Od te sprege, najčešće, zavise izbor i konstruktivne karakteristike, samog putnog objekta, **jer geotehnika izučava i kvantitativno procenjuje, a i vrednuje**, interaktivno delovanje između objekta (građevina) i tla (terena), **sa ciljem racionalne i ekonomične izgradnje putnih saobraćajnica**.

Zato je, dužnost istraživača - projektanta geotehničara, da **dobro rasuđuje**, **a ne da dobro** („tačno“) **sračunava**. Umešnost pravilne analize prirodnih fenomena, ne sastoji se u „vladanju“ prirodom, već da se una učini **saveznikom**, prihvatanjem svih pogodno- sti koje ona pruža, i pažljivim izbegavanjem njenog narušavanja, **dokle god je to moguće** (zapisao prof. Jovan Šutić).

Na kraju jedna (praktična) objektivna činjenica „**Za geotehnička istraživanja će neko platiti, bilo da su izvedena ili ne**“ (citat iz dokumentacije inženjerske komore Australije).

Iz toga, treba izvući odgovarajuće zaključke.

Literatura:

[1] V.Vujanić: GEOLOŠKA ISTRAŽIVANjA PRILIKOM PROJEKTOVANjA SAOBRA- ĆAJNICA, Zbornik radova Saveza inženjera i tehničara Srbije i Društva za puteve Srbije, Aranđelovac, 1985. g.

[2] J.Šutić, D.Božinović, V.Vujanić: METHODOLOGY OF GEOTECHNIC TERROIRE RESEARCH IN PLANNING AND DESIGNIN OF MODERN TRAFIC ROUTES IN YUGOSLAVIA. Roads between east and west Europe after 1992., Beograd, 1992.

[3] V.Vujanić, P.Lokin: GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANjAZA POTREBE PLANIRANjA, PROJEKTOVANjA I GRAĐENjA AUTOPUTEVA. Zbornik radova sa savetovanja: „Nova ocena i uloga značaja veštačkih objekata u savremenom projektovanju budućih autoputeva u Srbiji“, Beograd, 1992. god.

[4] V. Vujanic, P. Lokin: GEOTECHNICAL RESEARCH FOR THE PURPOSE OF ROAD PLANNING, DE-SIGNING AND CONSTRUCTION, Int. Road Conference, Romania, Mamia, 1995. god.

[5] P. Lokin, V. Vujanić: METODOLOGIJA PROJEKTOVANjA I IZVOĐENjA GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANjA ZA POTREBE PLANIRANjA, PROJEKTOVANjA I GRAĐENjA PUTEVA - Studija I faza, Republička direkcija za puteve, Beograd, 1996. god.

[6] V. Vujanic, P. Lokin, LJ. Rokic: GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS IN ROAD ENGINEERING, Zbornik referatov (1 del), 6 Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2002. god.

[7] EN 1997-1, EUROCODE 7: Geotechnical, design / Part 1: General rulers

[8] EN 1997-2, EUROCODE 7: Ground investigation and testing

[9] EN 1998-1 do 5, EUROCODE 8: Design of structures for earthquake resiostence

[10] Stručna dokumentacija Instituta za puteve, a.d.

NEKI ASPEKTI ZEMLJOTRESNE REGULATIVE VEZANE ZA SAOBRAĆAJNICE

Slobodan Nedeljković[1]
Sistem Geo-In, 11000 Beograd, Južni Bulevar broj 38, e-meil: slnedeljkovic@sbb.rs
Vladeta Vujanić[2]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com
Milovan Jotić[3]
Institut IMS a.d. 11000 Beograd, Bulevar Vojvode Mlšića br 43; e-mail: mjotic@hotmail.rs

Rezime: *Uslovno govoreći, uloga saobraćajnica u prostoru u kome egzistiraju može biti tretirana kao neka vrsta krvotoka tog prostora. Slično krvotoku i saobraćajnice imaju svoju međusobnu hierarhiju zasnovanu na značaju koju obavljaju u saobraćajnom sistemu. Saobraćajnice imaju svoje specifičnosti u funkciji stvorene sredine, i ove specifičnosti traže adekvatnu valorizaciju u zemljotresnoj regulativi. Povećane brzine odvijanja saobraćaja, osim prohodnosti za potrebe fizičkog saobraćaja danas, sve više, traži uvažavanje i bezbedonosne komponente. Valorizaciji ove druge komponente puno treba da pomogne smanjena povredljivost terena, i* ***u zemljotresnim uslovima****.*
Ključne reči: *putni pravac, inženjersko geološki uslovi, zemljotresni hazard i rizik, zemljotresna regulativa.*

1. UVOD

Prostor u kome egzistiraju saobraćajnice čine tri sredine: teren, stvorena sredina i društvena sredina. Pojava zemljotresa manifestuje se na ove tri sredine, i jačina zemljotresa predstavlja zbirni rezultat njegovog dejstva na svaku od pomenutih sredina. Sama jačina potresa ocenjuje se seizmičkim stepenima, koji su grupisani u seizmičkoj skali.
Magnituda, nije mera za ocenu jačine potresa na površini terena. Nju, uslovno možemo shvatiti kao energetsku meru seizmičke energije, odnosno energije koja seizmičkim talasima biva izlučena na površini terena. Ona nije mera koja je direktno vezana za ognjište potresa i uslovno pokazuje koliko je događeni potres veći ili manji od izabranog "nultog" potresa. Prednost magnitude kao instrumentalnog podatka u odnosu na seizmički stepen u merenju jačine potresa, nije prisutna i treba ih koristiti u zajedništvu..

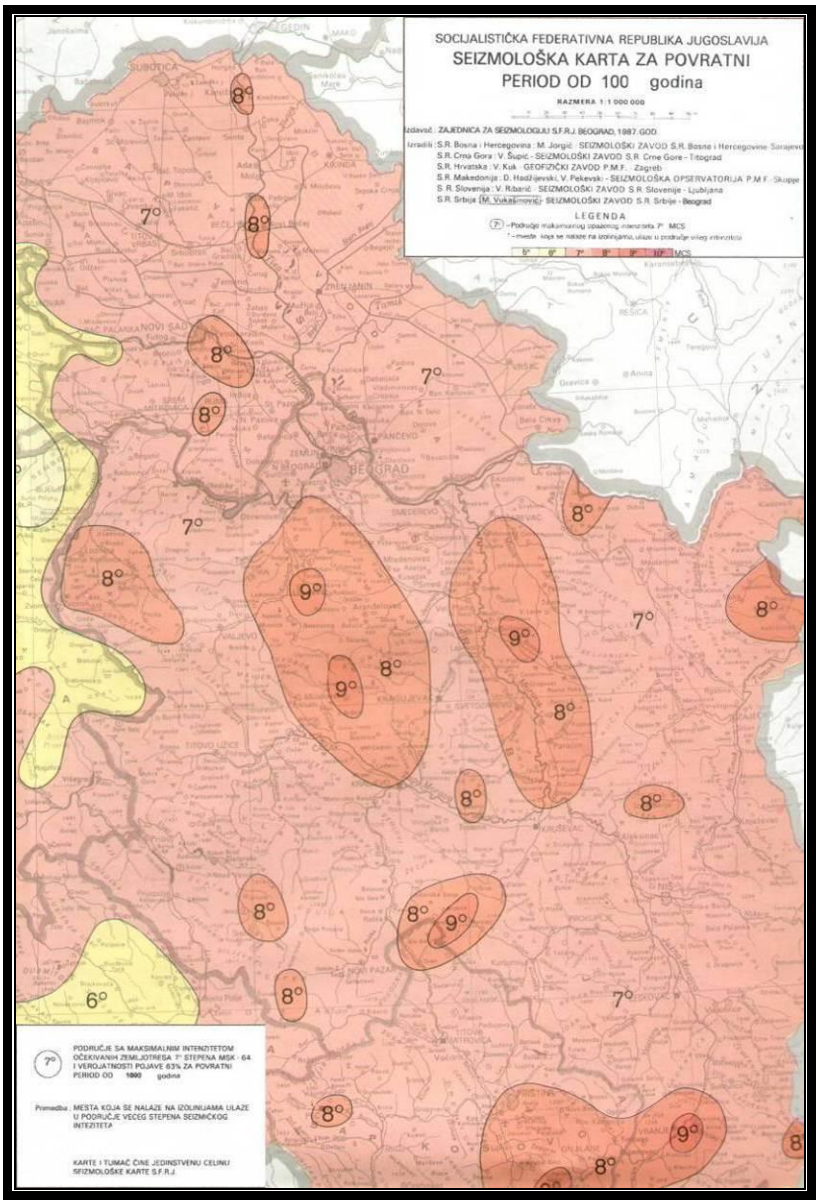
2. SPROVEDENA ANALIZA

Saobraćajnice predstavljaju objekate niskogradnje. One koje su u funkciji magistralnih i regionalnih puteva i međumesnog (lokalnog) saobraćaja, uglavnom, na seizmološkoj karti prolaze kroz različite seizmičke stepene, dok gradske saobraćajnice i one niže kategorije u principu, uglavnom egzistiraju na prostoru koji ima isti seizmički stepen, i tu činjenicu potkrepili smo, slikama 1 i 2. Praktično, na sl. 1 i 2, predstavljene su zemljotresne "klimatske" karakteristike Srbije za dva nivoa građevinskog seizmičkog rizika, i to za intezitet za koji se očekuje da će se desiti tokom veka eksplatacije konkternog objekta sl.1, i za intezitet za koji se očekuje da se može desiti ali ne mora tokom veka eksplatacije konkternog objekta sl.2.
U Evrokodu EC 8 EN 1998 – 1:2004, po pitanju prihvatljivog seizmičkog rizika prisutna su dva zahteva i to: zahtev ograničenih oštećenja i zahtev da se objekat ne sruši. U oba slučaja, traži se prihvarljiv seimički rizik od 10% u odnosu na povratni period zemljotresa od 100 i 500 godina.

Kada je reč o primeni EC8, navedeno je (citat): "da u **najvećem broju primene** ovog Evrokoda, seizmički hazard je opisan preko jednog parametra, odnosno preko vrednosti referentnog maksimalnog ubrzanja tla tipa, A, a_{gr}." (završen citat). Takođe, u pomenutom Evrokodu je navedeno (citat): "(Napomena: Referentno maksimalno ubrzanje tla, tipa A, a_{gr}, za korišćenje u nekoj zemlji, može da se odredi iz mapa sa seizmičkim područjima koje su date u Nacionalnom aneksu)". (završen citat. Praktično, EC8 propisuje jedinstvenu proceduru zemljotresnog proračuna. Što se tiče seizmičke opasnosti za njegove potrebe, ona se može iz postojećih karata određenim postupkom prilagođavati za konkretni objekat ili se pak može namenski za EC8 uraditi, **njemu prilagođena**. No, osnovno je, da i ova prilagođena i ona osnovna moraju da budu međusobno povezane.

Iz navedenih citata, sledi konstatacija, da pomenuti Evrokod ne traži izbacivanje ili zamenu postojeće **nacionalne seizmološke karte**, (novom) seizmološkom kartom sebi prilagođenom, već eventualnu izradu seizmološke karte u kojoj je seizmički hazard opisan preko jednog parametra, odnosno preko vrednosti referentnog max. ubrzanja tla, tipa *A, a_{gr}*. Seizmološka karta koja treba da prati EC8 istog je tipa, kao i sada relevantna i razlika je samo u načinu prezentacije zemljotresne opasnosti. EC8 traži jedinstven pristup u načinu sprovođenja proračuna seizmootporne konstrukcije i ne traži **eliminaciju postojeće seizmološke karte** iz upotrebe.

[1] Slobodan Nedeljković, Sistem Geo-In, 11000 Beograd, Južni Bulevar broj 38, e-meil: slnedeljkovic@sbb.rs

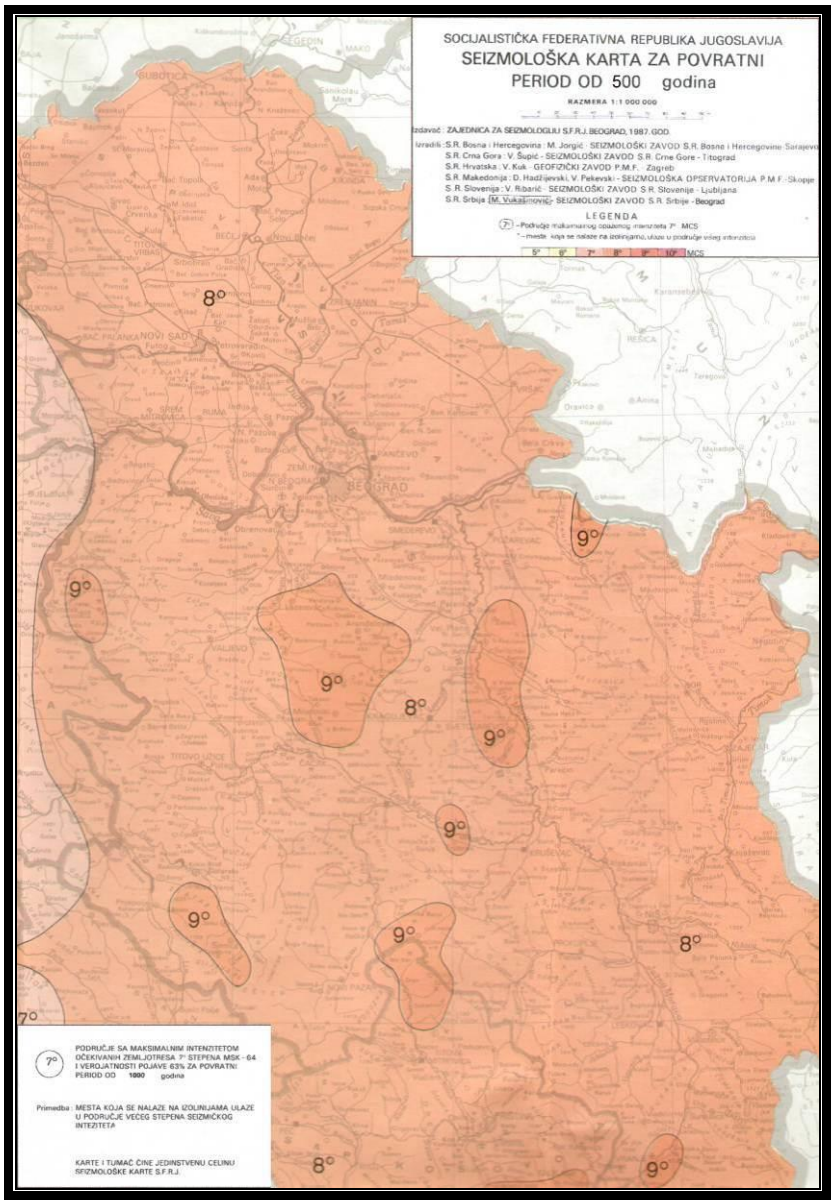


Slika 1. *Oleata relevantne seizmološke karte za prostor Srbije za povratni period zemljotresa od 100 godina*

Saobraćajnice u svom sastavu imaju objekte visokogradnje i niskogradnje. Zemljotresni proračun seizmo-otpornih konstrukcija po EC8 odnosi se na objekte visokogradnje. Objekti saobrćajnice su njen sastavni deo i dele funkciju, odnosno njenu kategoriju i zato kada je u pitanju putarstvo **nužna je povezanost** seizmičke opasnosti, **po EC8, i po Nacionalnom Pravilniku**.

U planskoj projeknoj dokumentaciji putarstva na nivou generalnog projekata vrši se izbor koridorskog pravca, i poznata je kategorija saobraćajnice i ona je osnov, po pitanju izbora relevantne oleate seizmološke karte za ovaj nivo dokumentacije. Ovaj nivo tehničke dokumentacije, posebno valorizuje cenu izgradnje saobraćaj-nice kroz izgradnju potrebnih objekata. Treba istaći, da se propušta **valorizacija terena na pravcu koridora koji će prihvatiti više "vekova" eksploatacije saobraćajnice**.

U planskoj projektnoj dokumentaciji putarstva nivo idejnog projekata, osim što je poznata kategorija saobraćajnice, poznat je koridorski pravac **sa definisanom trasom puta i objekti koje treba izgraditi**. Ovaj nivo dokumentacije omogućuje definisanje seizmičkog hazarda koji je odgovarajući kategoriji saobraćajnice, uz uvažavanje značaja objekta u odvijanju saobraćaja i saobraćajne bezbednosti. **I ovde, treba istaći**, da se propušta valorizacija terena na pravcu koridora koji će prihvatiti više "vekova" eksploatacije saobraćajnice.

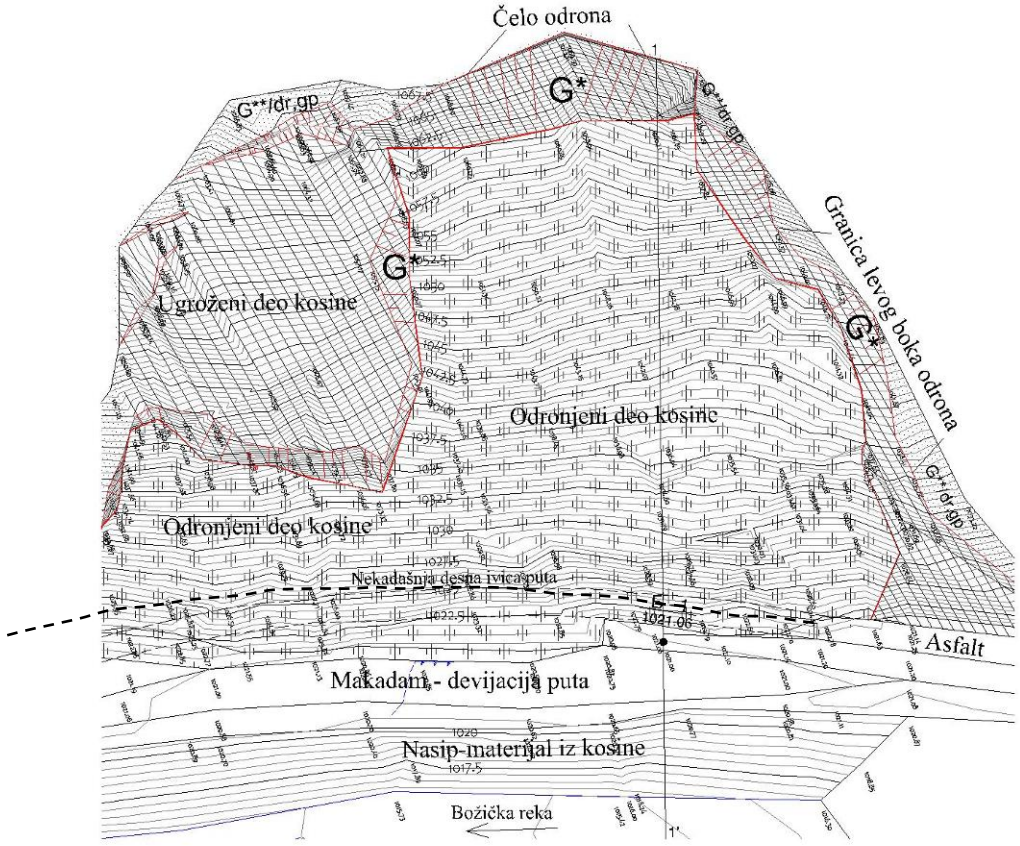


Slika 2. *Oleata relevantne seizmološke karte za prostor Srbije za povratni period zemljotresa od 500 godina*

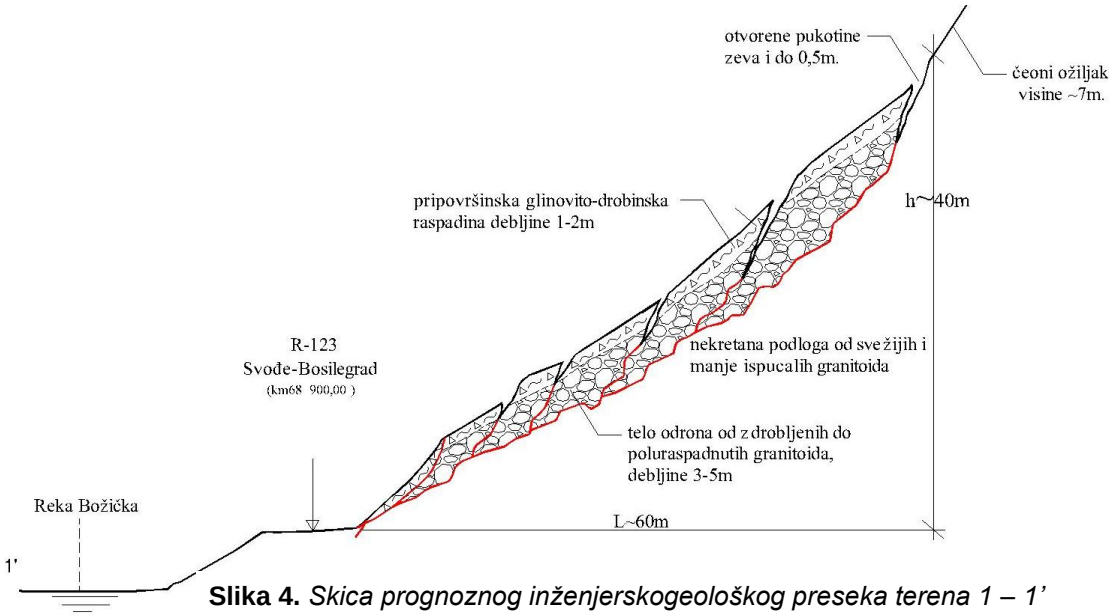
Uticaj terena na bezbedno odvijanje saobraćaja prisutan je kroz uticaj inženjersko geoloških pojava. Najčešće te pojave su: **odroni, klizišta, otkidanje, kako sitnih komada terena, tako i blokova**, i njihov pad na kolovoz tokom odvijanja saobraćaja. Na sobraćajnicama tipa autoputa brzine kretanja vozila su velike, i zato **svako ometanje kretanja kolovozom nosi brojne opasnosti**. Uticaj zemljotresa na iniciranje i pokretanje pomenutih inženjersko geoloških pojava, prisutan je, kako direktno u okviru pojave samog potresa, tako i posle njegovog dešavanja. Kao primer u navedenom smislu navodimo dalje u tekstu pojavu odrona na Ibarskoj magistrali, nekoliko dana posle Kraljevačkog potresa od 03.11.2010 god. u 01 sat i 56 min. sa magnitudom M = 5,4 i intezitetom Io = 7 – 8 MCS**.** Karakteristično je, da se **odron javio iznenada** i po svom obimu ugrozio kolovoz saobraćajnice, tako da je nekoliko desetina sekundi delilo od smrti putnike u autobusu koji se kretao njom.

Pojavu odrona pod uticajem zemljotresa zovemo seizmo deformacijom terena. Sami odroni javljaju se i u tekućim uslovima eksploatacije saobraćajnice. Kao primer navodimo odron "Romanov most 2.
Na putu R-123, Svođe – Bosilegrad, 19. maja 2010. g. u 19^{30} sati, došlo je do odronjavanja oko 3000 m^3 drobinsko – glinovitog materijala na put. Odronjena stenska masa je **potpuno uništila i zatrpala regionalni put u dužini od 130 m**, pri čemu je ugrožen tok Božičke reke, sužavanjem i delimičnim zatrpavanjem korita. Ceo proces se obavio za nekoliko sati i sticajem sretnih okolnosti nije bilo ljudskih žrtava. **Potpuni prekid saobraćaja na ovoj deonici puta trajao je nekoliko dana**.

Do odronjavanja je (verovatno) došlo posle nekih manjih potresa, koji su se desili na ovom području.
Odron, dimenzija 130 x 70 m, površine oko 1 ha, je formiran na desnoj, vrlo strmoj kosini – padini, iznad i u zoni puta i zahvaćena je stenska masa u debljini od 3 – 5 m.
Čeoni ožiljak odrona je jasno izražen, formiran u vršnom delu vrlo strme kosine zaseka, hipsometrijski iznad puta oko 40 m i na udaljenosti od puta 60 - 70 m, vrlo strmog do subvertikalanog nagiba, sa skokom do 7 m.
Teren šire zone odrona izgrađuju granitoidi, intenzivno isprskali i ispucali, izdeljeni pukotinama, stisnutih do zjapećih, bez ispune ili sa glinovitom ili glinovito – drobinskom ispunom. Pri površinskom delu (telo odrona) stenska masa je procesima površinske dezintegracije izdeljena na monolite cm – dm dimenzija i blokove veličine i do nekoliko m^3. U dubljim delovima terena stenska masa je relativno svežija, manje ispucala, blokovski izdeljena, praktično vodonepropusna. **Ova zona predstavlja nekretanu podlogu odrona** i nalazi se na dubini od 3 – 5 m od površine terena.
Na slikama 3, 4 i 5 dati su: geodetska podloga zone odrona, skica prognoznog inženjerskogeološkog preseka terena 1–1` i izgled odrona nakon delimičnog uklanjanja odronjenog materijala i osposobljavanja regionalnog puta za „bezbedno“ odvijanje saobraćaja.



Slika 3. *Situacioni plan odrona „Romanov most“*



Slika 4. *Skica prognoznog inženjerskogeološkog preseka terena 1 – 1'*
Figure 4. Sketch of predicted ground engineering-geologic cross-section



Slika 5. *Izgled odrona nakon delimičnog uklanjanja odronjenog materijala i osposobljavanja regionalnog puta za „Bezbedno odvijanje saobraćaja"*

Samo uklanjanje odrona sa kolovoza i dovođenje saobraćajnice u funkciju jednostavan je posao. No, potencijal direktnog ugrožavanja vozila u pokretu mora se svesti na minimum. Otuda je naše zalaganje, **da Zakon o bezbednosti saobraćaja uvaži ovu činjenicu**.

Treba istaći, da prostor zauzet saobraćajnicom, u novije vreme, biva, sve više naseljavan i drugom podzemnom infrastrukturom, što treba očekivati i u budućnosti. Ovo su i dodatni razlozi koji idu u prilog potrebe **razlikovanja, veka eksploatacije putnog pravca, od veka eksploatacije saobraćajnice**. Ovo razlikovanje **traže inženjerskogeološki uslovi terena i procesi** koji se odvijaju u njemu kada se razmatraju u vremenskom domenu, jer se **menja njegova povredljivost i za zemljotresne uslove.**

Vek eksploatacije putnog pravca vezan je za plansku i projektnu dokumentaciju, dok je vek eksploatacije saobraćajnice vezan za građevinske uslove eksploatacije. Drugim rečima rečeno, **vek eksplatacije putnog pravca višestruko je veći od veka eksploatacije puta**.

U zemljotresnoj regulativi **nije prisutna kategorizacija saobraćajnica** ali jeste objekata visokogradnje. Kategorizacija ima značajnu ulogu, kako u učešću o načinu uključivanja seizmičke opasnosti u zemljotresni proračun, tako i u samom proračunu. Da bi se dao doprinos usaglašavanju kategorizacija saobraćajnica i objekata, dalje u tekstu sprovedena je kratka analiza.

U privremenim Propisima za građenje u seizmički aktivnim područjima iz 1964. g. u tabeli 1, navedene su četiri kategorije objekata (redni brojevi 1, 2, 3 i 4), i dva pojma seizmičke opasnosti, i to: **seizmičnost područja i projektna seizmičnost**. Na seizmološkoj karti seizmički stepen, praktično je definisao seizmičnost područja, dok je za objekte kategorije 1, važila seizmičnost koja je za stepen veća od one koja je prisutna na karti. Veličina koeficijenta seizmičnosti, zavisila je od kvaliteta tla i seizmičkog stepena i njiova veličina navedena je, u sledećoj tabeli:

Tabela 1. *Vrednosti koeficijenta seizmičnosti zavisno od kvaliteta tla i seizmičkog stepena*

Vrsta tla	7 stepen	8 stepen	9 stepen
Dobro tlo	0,02	0,04	0,08
Srednje tlo	0,025	0,05	0,10
Slabo tlo	0,03	0,06	0,12

Naprimer, ako je seizmičnost područja za objekat prve kategorije bila 8 stepena sa koeficijentom seizmičnosti $K_s = 0,04$, to je njegova projektna seizmičnost bila 9 stepena, sa koeficijentom seizmičnosti $K_s = 0,08$. Praktično, vrednost koeficijenta kategorije za objekte prve kategorije, bila je $K_0 = 2$.
Od 1981. g. u Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima **napuštaju se pojmovi** seizmičnost područja i projektna seizmičnost i **uvodi pojam** kategorije objekta. Objekti koji se grade po funkciji su podeljeni u 4 kategorije i koeficijent kategorije objekta K_0 svojom definisanom vrednošću, učestvuje u inženjerskom proračunu seizmootprne konstrukcije.

- Objekti van kategorije, imaju koeficijent kategorije veći je od 1,5,
- Objekti prve kategorije, imaju koeficijent kategorije jednak 1,5,
- Objekti druge i treće kategorije, imaju koeficijent kategorije jednak 1,
- Objekti treće kategorije, imaju koeficijent kategorije jednak 0,75,.
- Objekti četvrte kategorije, imaju koeficijent kategorije niži od 0,75.

U Evrokodu EN 1998-1:2004 Evrokod 8 navedena je kategorizacija koja je prikazana tabelarno i vrednosti koeficijenata za pojedine kategorije.

Tabela 2. *Klase značaja zgrade*

Klasa značaja	Zgrade
1	Zgrade sa manjim značajem za sigurnost ljudi, npr. Poljoprivrene zgrade i sl.
2	Obične zgrade, koje ne spadaju u druge kategorije
3	Zgrade čija je seizmička otpornost značajna u smislu posledica rušenja, npr. Škole, dvorane, kulturne institucije, itd
4	Zgrade čiji je integritet tokom zemljotresa od vitalnog značaja za civilnu zaštitu, npr. bolnice, vatrogasne stanice, električne centrale, itd.

Takođe je istaknuto, da „vrednost faktora značaja γ_1 za klasu značaja 2, po definiciji, jednaka je 1“, i rečeno je (citat): „Vrednosti koje se dodeljuju parametrima γ_1 za upotrebu u zemlji, mogu da se nađu u njenom Nacionalnom aneksu.
Vrednosti za γ_1, mogu biti različite za različite seizmičke zone u zemlji, u zavisnosti od uslova seizmičkog hazarda i razmatranja javne bezbednosti.
Preporičene vrednosti faktora značaja γ_1 za klase značaja 1; 2 i 4, su jednake 0,8; 1,2 i 1,4 respektivno.“ (završen citat).

Treba istaći, da je u zemljotresnoj regulativi **prisutna tesna povezanost** seizmičkog hazarda sa kategorijom objekta, i zato je neophodno pri harmonizaciji zemljotresne regulative za potrebe saobraćajnica (sa opštom), **ovoj činjenici pokloniti dužnu pažnju**.

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Tehničko tehnološki razvoj u okviru stvorene sredine sve više ističe specifičnosti pojedinih sektora te sredine, i ove specifičnosti potrebno je uvažiti pri sprovođenju zemljotresne preventive. Princip, **od opšteg ka posebnom**, traži definisanje **opštosti stvorene sredine**, kada je u pitanju zemljotresna preventiva kroz uvažavanje njenih sektorskih specifičnosti.

Na navedenom tragu, autori su pokušali **da daju doprinos** analizi po pitanju zemljotresne preventive u oblasti saobraćaja. Zbog povećanih brzina vozila na putevima, osim zahteva za građevinskim kvalitetom puta, na bezbednost kretanja vozila **utiču i inženjeskogeološke pojave**, i ta činjenica, svakako, treba da dobije svoje mesto u regulativi. Tako je između ostalih, **nužno dopunjavanje zemljotresne regulative specifičnostima koje imaju saobraćajnice**.

Literatura:

[1] Stručna dokumentacija Instituta za puteve a.d. iz Beograda.

[2] Privremeni Propisi za građenje u seizmički aktivnim područjima iz 1964.

[3] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl.list SFRJ 31/81),

[4] Evrokod EN 1998-1:2004 Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija. Deo 1. IT.DGKS. Beograd, Novembar 2009. godine

UTICAJ PADINSKIH PROCESA NA PUTNO INŽENJERSTVO SRBIJE

Vladeta Vujanić
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com

Rezime: *Poznato je, da najveći problemi izgradnje objekata, nastaju upravo zbog padinskih procesa, koji se manifestuju u vidu: osipanja, odronjavanja, kliženja, lavina i sl., a koji se odvijaju (po pravilu) na relativno kratkim rastojanjima, sa često katastrofalnim posledicama i velikim materijalnim štetama. Zato, izučavanje prirodnih padina na različitim stadijumima nastanka, u različitim geološkim sredinama i fizičko geografskim uslovima, ima veliki značaj kod planiranja, projektovanja i izgradnje, kapitalnih građevinskih (i drugih) objekata, posebno objekata saobraćajne infrastrukture. U radu autori iznose najopštije o značaju izučavanja padina (nastanak, razvoj i tipovi procesa, i dr.), sa posebnim osvrtom na njen najznačajniji proces klizanja, u funkciji graditeljske aktivnosti.*

Ključne reči: *Padine, padinski procesi, klizišta, izgradnja objekata*

1. UVOD

Savremenom proučavanju padina i padinskih procesa u poslednje vreme poklanja se velika pažnja. Njihovo proučavanje ima veliki naučni i praktičan značaj, jer utvrđivanje geneze i evolucije razvoja reljefa omogućava donošenje objektivne procene: o razvoju i intenzitetu erozionih procesa, pogodnosti, mogućnosti i uslova izgradnje građevinskih (posebno infrastrukturnih) objekata na padinama, otvaranju rudarskih površinskih kopova i sl.

Izučavanje padinskih procesa **ima izuzetno veliki značaj u privrednom i društvenom razvoju**, što se može dokumentovati na nizu konkretnih primera.

Kada su u pitanju građevinski objekti, do sada su posebno bili aktuelni procesi i pojave na padinama koji se relativno brzo dešavaju, kao što su **osuline**, **odroni**, **klizišta** i sl., čije prisustvo može dovesti u pitanje opravdanost izgradnje projektovanih objekata ili dovesti do velikih oštećenja pa i do rušenja postojećih objekata. Mada, u opštem toku formiranja savremenog reljefa ovi procesi nemaju vodeću ulogu (procenjuje se da u ukupnom bilansu brzi pokreti učestvuju samo sa oko 2 do 3%), pokazalo se, da od opšteg poznavanja prirode padinskih procesa, zavisi uspešnost realizacije svakog građevinskog projekta. Za linijske građevinske objekte kao što su, **putne i železničke saobraćajnice**, **dalekovodi**, **toplovodi**, **gasovodi** i sl., sa velikim frontalnim iskopima, usecima i zasecima, poznavanje genetskih tipova padina, **omogućava objektivno prognoziranje** mogućih pro- mena bez posebnih istraživanja i odgovarajućih proračuna, samo na osnovu poznavanja prirode i brzine pojedinih procesa i njihovih posledica. Padine i padinski procesi pred- stavljaju **vrlo značajan**, a ponekad i odlučujući faktor kod izbora optimalnih koridora ili varijanti trasa modernih saobraćajnica (**dolinska, padinska, vododelnička, tunelska**), određuju uslove, načine i mogućnosti izgradnje pojedinih vrsta građevinskih objekata: mostova, useka, zaseka, nasipa, temeljnih jama, hidroenergetskih i vodoprivrednih objekata i sl.

Može se reći, da su najveći inženjerski izazovi i zahvati vezani **za problematiku građenja na padinama**, pošto svaki zahvat podrazumeva ne samo stabilnu i bezbednu izgradnju već i preduzimanje takvih tehničkih rešenja da se sačuva njihova stabilnost.

Iz pomenutih razloga, u okviru geotehničkih istraživanja, **padine se moraju kompleksno proučavati**. Jer (praktično), svi problemi izgradnje na padinskim delovima terena, javljaju se zbog nedovoljnog poznavanja i uvažavanja prirode pojedinih procesa, ignorisanja preporuka i sugestija, posle njihovog istraživanja, te neuspešnog predviđanja promena na padinama, koje mogu nastati pri izvođenju građevinskih objekata [10].

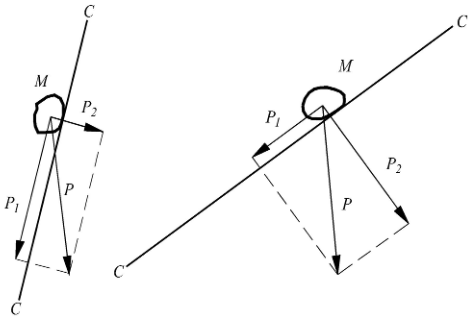
2. KAKO NASTAJE PADINA

Faktori koji utiču na formiranje i stanje padina, po svojoj prirodi, su i dinamični, kako u prostoru, tako i vremenu, i bitno su zavisni od opštih geoloških uslova.

Da bi se shvatila suština i značaj proučavanja padina i njihovo formiranje u prirodnim uslovima, **potrebno je dati sledeće opšte napomene**:

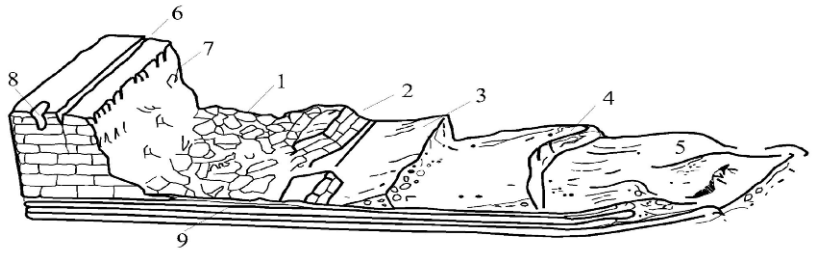
- **padina je osnovni morfološki elemenat reljefa**, odnosno to su nagnuti delovi Zemljine površine od vododelnice do lokalnog gravitacionog bazisa, različite dužine, nagiba i građe;

- padine zauzimaju velike delove površine Zemlje, znatno veće od ukupnih površina, nastalih pod uticajem drugih morfogenetskih agenasa: povremenih i stalnih vodenih tokova, abrazije, podzemnih voda, lednika i vetra;
- suština procesa formiranja padina sastoji se u **premeštanju materije litosfere pod uticajem Zemljine teže, u pravcu max. nagiba terena**. Poznato je, da na nagnutim površinama gravitacija konstantno deluje na čestice tla, u težnji da ih premesti sa mesta na mesto, ali to premeštanje može da se ostvari, samo ako je sila gravitacije veća od otpornosti na smicanje tla, koja te čestice drži u iskonskom položaju;
- gravitacioni procesi na padinama ili njihovim pojedinim delovima odvijaju se brzo, ako je prirodni nagib >35°, ali isto tako i na ogromnim prostranstvima, na blago nagnutim terenima, gde se vizuelnim osmatranjem ne opažaju nikakve promene, mada se i u takvim uslovima odvijaju složeni procesi premeštanja produkata raspadanja, u vremenski dugotrajnom periodu. Globalno posmatrano, ovi spori, a vremenski dugotrajni procesi imaju daleko veći uticaj na oblikovanje savremenog reljefa od brzih, koji se ipak odvijaju sporadično, u ograničenim prostorima sa specifičnom geološkom građom, na zanemarljivo maloj površini;
- gravitaciono premeštanje materijala na padinama vrši se na kratkim rastojanjima, od stotinu metara do maksimalno jedan do dva kilometra, odnosno uslovljen je dimenzijama padine, a dalji prenos u sadejstvu sa drugim transportnim sredstvima: vodom, ledom, vetrom. Iz pomenutog razloga **pogrešno je smatrati**, da su padinske strane rečnih dolina **nastale isključivo kao produkat fluvijalne erozije.** Fluvijalna i druga erozija je u inicijalnoj fazi nastanka padine dominantna, a kasnije u oblikovanju mikroreljefa padine značajniji je uticaj padinskih procesa;
- raspadanje stena i padinski procesi **nalaze se u tesnoj vezi**, jer vremenski regulišu jedni druge. To znači, da je pri proučavanju geomorfološke građe svakog terena, potrebno voditi računa ne samo o interakciji endogenih i egzogenih geoloških procesa, već i o uzajamnom sadejstvu unutar kompleksa **raspadanje** - **padinski procesi** - **transport produkata raspadanja**;
- kod proučavanja padina, potrebno je detaljno **razmotriti faznu sukcesivnost** i osnovni cilj istraživanja usmeriti na proučavanje njihove morfologije, građe i po mogućnosti brzine kretanja klastičnog materijala;
- karakteristični morfološki znaci svake padine su: **strmina** (nagib), **dužina**, **oblik profila**, **apsolutna i relativna visina**, **raščlanjenost i specifične mikroneravnine**, kao odraz genetskih osobenosti i istorije nastanka. Ovi parametri, međutim, ne mogu uvek biti dovoljni za zaključivanje geneze i toka formiranja padine;
- ogromna većina padina prekrivena je rastresitim produktima raspadanja (pokrivača), **u vidu tanjih ili debljih pokrova preko supstrata**, i to ne samo u akumulacionim već i u erozionim područjima. Građa ovih produkata, različita je prema, granulo- metrijskom sastavu, debljini i teksturi, i nosi u sebi određenu zakonomernost, a ujedno i objektivnu informaciju o genezi i istoriji razvoja padina.



Slika 1. – Promena veličine sile teže odlomka stene M, na padini

Pojam **padina**, podrazumeva prirodno nagnutu površinu terena pod proizvoljnim uglom $90 \leq \alpha \geq 5$. Drugim rečima, sve površine terena, **osim subhorizontalnih**, predstav- ljaju padine različitih nagiba. Kada čestice stena na površini terena ne bi raspolagale sa manjom ili većom čvrstoćom na smicanje, površina Zemlje bi bila horizontalna. Gravitacija nastoji da premesti svako telo na površini Zemlje iz hipsometrijski višeg u niži nivo. Prema tome, na prirodno nagnutim površinama, na čestice tla, uvek deluje neka sila, koja teži da ih premesti u drugi položaj, u pravcu maksimalnog nagiba padine. Veličina te sile, pro- porcionalna je masi čestice i sinusu ugla nagiba površine Zemlje, $F = mg \sin\alpha$. U slučaju, kada čvrstoća na smicanje slabi i postaje manja od sile gravitacije, tada telo otkinuto od svog korena počinje da se kreće. Smanjivanju sila kohezije mogu doprineti različiti egzogeni agensi, kako po stepenu aktivnosti tako i po dugotrajnosti delovanja (slika 1).



Slika 2. – NEKI OD GRAVITACIONIH PROCESA NA PRIRODNIM PADINAMA;
1- odron, 2- blokovsko klizanje, 3- terasirane padine, 4- terasni otseci, 5- zatalasane površine usled klizanja, 6- zjapeće pukotine otkidanja, 7- otsek odrona, 8- propadanje tla i 9- klizni valov

Pri malim nagibima terena, najviše do 5°, sile čvrstoće na smicanje stena su znatno veće od sile gravitacije, stabilnost terena je zadovoljena, a pokreti na padinama su zanemarljivi. Na takvim površinama, uloga nagiba terena u procesu formiranja padina je izuzetno mala, sa zanemarljivom pokretljivošću čestica tla.

Na slici 2. shematski su prikazane neke pojave koje su posledice delovanja padinskih procesa.

Na osnovu iznetih opštih napomena sledi, **da se različiti vidovi kretanja materije na padinama odvijaju pod uticajem padinskih procesa**. NJihov značaj u oblikovanju reljefa kopna, veći je od svih ostalih morfogenetskih faktora. Bitno je naglasiti, da u procesu nastanka padina ne postoji samo jedan jasno izdiferencirani proces, već se to odvija u sadejstvu sa više međusobno različitih egzogenih procesa, istovremeno. Jedan od uslova formiranja padina **je raščlanjenost reljefa**, da bi se u jednom vremenskom kontinuitetu vršilo snošenje materijala iz viših delova terena, koje mora biti kompenzirano adekvatnom akumulacijom, u donjim delovima. Padine će u takvim uslovima postepeno ublažavati svoj nagib, a na površini će preovladati procesi raspadanja uz neznatnu promenu morfologije profila same padine. Prema tome kada govori o padinama, **V. Penk** 1924., ističe [2]:

a) glavni faktor formiranja padina je odnos između endogenih i egzogenih sila,
b) nagibi padina obično su strmiji, ukoliko su preovlađujuću ulogu u njihovom formi- ranju imali tektonski procesi koji stvaraju pozitivne oblike reljefa i povećavaju njegovu opštu kontrasnost,
v) padine se modeliraju složenim padinskim procesima, uz zakonomerno odvijanje denudacionih i akumulacionih ciklusa, zavisno od opšteg toka tektonskih i egzogenih procesa i to:
- ako denudacija i erozija preovlađuju na čitavoj padini, kao što je to slučaj u područjima visokih planina, u fazi neotektonskog izdizanja, profil padine će biti strm, neravan, raščlanjen, obično ogoljen i složen,
- ako na jednom delu padine preovlađuje akumulacija, kao u podnožjima planina i visoravni, a na ostalim delovima denudacija i erozija, profil padine, imaće blagu raščlanjenost u zoni akumulacije i strmiju u denudacionom (gornjem) i erozionom (donjem) delu,
- ako na većem delu padine preovlađuje akumulacija kao što je to slučaj u nizinskim delovima profil padine se ublažava.

Iz iznetih stavova Penka proizilazi, da se kao kriterijum stepena razvoja padina, ne uzima njihov oblik, već tendencija razvoja čitavog profila.

Kretanje na padinama može se realizovati samo ako su produkti raspadanja pripremljeni za pokret, a to se postiže u prisustvu vode (čije poreklo može biti, površinsko od atmosferskih padavina ili podzemno). Voda dakle, ima dvostruku ulogu, ona sa jedne strane, direktno utiče na promenu fizičko - mehaničkih i vodno - fizičkih svojstava, a sa druge olakšava kretanje ili je direktni uzrok za aktiviranje pokreta na padini (razni vidovi erozije i jaružanja, klizišta i sl.).

Inače, **geološka građa** prirodnih padina ima bitan uticaj na pojavu, razvojni tok, prostorni obuhvat i brzinu geoloških procesa, koji oblikuju savremeni reljef. Osnovni razlog za takav stav, proizilazi iz činjenice da **inženjerskogeološka svojstva stena**, zavise uglavnom, od materijalnog sastava, strukture i teksture koje se formiraju **u procesu njihove geneze**, a menjaju pod **uticajem postgenetskih procesa** [10]. Stenske mase (bilo da su, magmatske, sedimentne ili metamorfne), kao osnovna komponenta **svake padine** nalaze se u prirodnom naponsko – deformacionom stanju, **koja se neprekidno menjaju**, zavisno od **opšteg toka geoloških procesa i tehnogenih faktora**. Te promene bitno određuju razvoj padinskih procesa, **koji su za svaku vrstu stena različiti**.

3. PADINE NASTALE BRZIM GRAVITACIONIM POKRETIMA

U zavisnosti od morfoloških karakteristika padina, sastava i debljine produkata raspadanja i konkretnih fizičko geografskih uslova, postoji velika raznovrsnost padinskih procesa, kao što su, osipanja, odronjavanja, kliženja, erozije i sl. Jedan od najznačajnijih i najčešćih, savremenih geološko - padinskih procesa, jeste kliženje terena, zbog toga, **što se ono**, javlja u toku morfogenetskog oblikovanja prirodnih padina u litološki različitim sredinama, sa složenim mehanizmom gravitacionog premeštanja stenskih masa. Kliženje se proučava kao proces stvaranja savremenog reljefa i kao manifestacija nestabilnosti padina gde se grade objekti, što je, naročito bitno kod **projektovanja i izgradnje savremenih putnih saobraćajnica**.

3.1. Uzroci nastanka procesa kliženja

Klizište, kao pojava predstavlja, manifestaciju premeštanja materijala, pa je analiza karaktera i veličine tog premeštanja, značajna za objašnjenje prirode i aktivnosti ovakve pojave.

U američkoj literaturi, D.J. Varns (1981) [7], sve padinske procese **tretira** kao „klizišta“ smatrajući da relativno premeštanje **svakog tela po nagnutoj kosini**, bez obzira na karakter i brzinu tog kretanja, **spada u domen kliznih procesa**. Istina, padinski procesi mogu se klasifikovati prema raznovrsnim kriterijumim, od kojih je svaki, u većoj ili manjoj meri prihvatljiv i koristan, ali je činjenica da se različiti **genetski tipovi podinskih procesa**, ne mogu svesti pod pojam klizišta.

Sa naših prostora, među prvima, se pitanjem padinskih procesa i klizištima bavio M. Janjić (1979), čije definicije navodimo [5]:

- „**Kliženje je**, savremeni geološki proces otkidanja i pomeranja stenskih masa u padinama i kosinama, preko stabilne podloge, a po jasno ispoljenoj površi ili zoni kloženja, a
- **Klizište je**, deo terena koji se translatorno ili rotaciono pomera preko stabilne podloge, ili je to deo terena u kome su suočena strukturna i reljefna svojstva stvorena procesom kliženja“.

Dakle, pod „**klizištem**“ se podrazumeva, **deo geološke sredine**, ograničene površine i dubine, kod koga se bez gubitka kontakta sa stabilnom podlogom, vrši gravitaciono premeštanje stenskih masa u hipsometrijski niže delove terena, na prirodnim padinama i veštački formiranim kosinama, **pod uticajem prirodnih i tehnogenih faktora**.

A, pod **procesom kliženja**, treba podrazumevati sukcesivnu promenu, sastava, stanja, svojstva stenskih masa i deformacije unutar stenske mase, od momenta **stvaranja klizišta**, i premeštanja kliznog tela kao jedinstvene mase, **do potpunog smirivanja**.

Kliženje terena, kao savremeni geodinamički proces, je geološki prirodni hazard čija aktivnost izaziva negativne posledice po prirodu, materijalna dobra i ljude.

Hazard od klizanja terena predstavlja verovatnoću aktiviranja klizišta, a znatno češće reaktiviranje umirenih klizišta na nekom području.

Ugroženost od klizanja terena je stepen potencijalnih gubitaka vrednosti prirodnih i materijalnih dobara ili stepen ugroženosti ljudskih života.

Rizik od klizanja terena predstavlja vrednost očekivanih negativnih posledica na prirodu, materijalna dobra i ljude. Rizik je rezultat proizvoda: **hazarda, elemenata rizika i ugroženosti**.
Do aktiviranja klizišta dovode različiti procesi, **kako prirodni** (spontan razvoj u prirodnim uslovima), **tako i tehnogeni** (delatnost čoveka), čije razmere zavise od neposrednog okruženja, tj. prirode, osnovnog agensa (hidrostatičkih, hidrodinamičkih, termičkih, gravitacionih, seizmičkih), koje su inicirale ove pojave.

U stvarnosti (uspešnost) sanacije klizišta (najčešće, osnovnog cilja istraživanja – ovih pojava), bitno zavisi, od sposobnosti istraživača **da objektivno utvrdi uzroke njihovog nastanka**, da njima **suprotstavi efikasne tehničke mere za zaustavljanje procesa**.

Uspešnost sanacije klizišta, bitno zavisi i od **pravilnog stava i odnosa prema ovom problemu** od strane, njihovih (krajnjih) korisnika, **kao što su**: planeri, projektanti i investitori.

Uzroci nastanka klizišta bitno zavise od svojstva stena, koje izgrađuju padinu,u načinu i uslovima njihovog nastanka, u osnovnim fizičko - mehaničkim svojstvima (**sveopšti geološki uslovi**), koji ugrožavaju

sposobnost stena, da brže ili sporije reaguju na sve endogene i egzogene geološke (**destruktivne**) sile, čiji je osnovni cilj razaranje stena i kretanje zemljanih masa sa mesta raspadanja. U većini slučajeva ne može se govoriti o **jednom jedinom uzročniku kliženja, već o međusobno više faktora**, koji u određenim litofacijalnim sredinama i različitim fizičko - geografskim uslovima, uslovljavaju manifestacije spontanog kliženja tla.

Uzročnici pojave klizišta mogu se generalno podeliti, na **prirodne i tehnogene**, koji su u suštini brojni. Mada, zbog intenzivne graditeljske aktivnosti (npr., izgradnja novih i rehabilitacija postojećih puteva), u novije vreme, a obzirom na činjenicu da se u **interakciji objekat** – **teren**, često ne uvažavaju (ne poštuju), prirodni uslovi terena (u pogledu postojećeg i naknadno stvorenog intervencijom čoveka stanja stabilnosti), **tehnogeni uzročnici, nažalost, preuzimaju primat u izazivanju ovih procesa**.

Ovu konstataciju potvrđuju i sledeći (istraživački) podaci, do kojeg je došao autor ovog rada (i drugi stručnjaci iz Instituta za puteve ad iz Beograda). Istraživane su pojave klizišta **u fazi izgradnje i eksploatacije puteva** u Srbiji, za čiji je povod, isključivo, **odgovoran ljudski faktor**. Naime, **analiza je pokazala** (bez obzira što je uzrok u svim slučajevima isti nepovoljna građa terena, i drugi inženjerskogeološki uslovi), da se svi povodi za klizanje, **mogu svesti na sledeće slučajeve**:

- **Neprilagođena izrada nasipa**, pogotovu u zasečenim padinama (usek – nasip) 40%
- **Nepravilna izrada useka i zaseka** 30%
- Aktiviranje starih klizišta 15%
- Neodgovarajuća izrada deponije 10%
- Erozija 5%

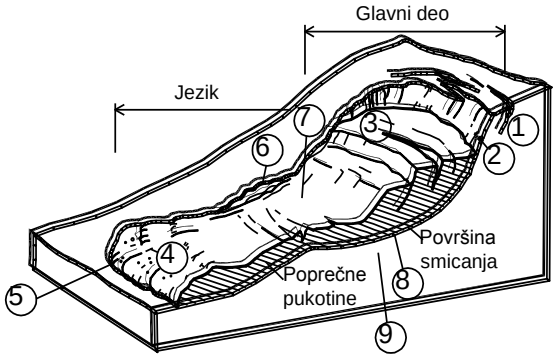
Što potvrđuje napred navedenu konstataciju, da tehnogeni uzročnici izazivanja pojave klizišta, danas, nažalost, **sve više preuzimaju u tome primat**.

3.2. Identifikacija klizišta

Prisustvo klizišta na istražnom prostoru, može se lako ustanoviti **geomorfološkim metodama**, jednostavnim izučavanjem morfologije reljefa i produkata raspadanja na njemu. Ona su obično, dobro morfološki izražena, pa se njihova dijagnostika lako može izvršiti na terenu.

Prvi vidljivi znaci kretanja površinskih delova terena, zapažaju se naročito, na putnim saobraćajnicama, uz vidljive pojave sleganja ili izdizanja putnih konstrukcija i uočljivim zjapećim pukotinama. Slične pojave mogu se konstatovati na **izgrađenim nasipima**, **cevovodima**, **irigacionim kanalima**, i sl. Na prisustvo klizišta, ukazuju brojna konstaovana oštećenja betonskih objekata, pukotine na stambenim zgradama ili prirodnom terenu. Radi lakšeg prepoznavanja klizišta na terenu, data je na slici 3., njegova principijelna šema građe, po Varns-u [7].

Zbog toga, okonturivanje područja ugroženim klizištima, predstavlja prioritetan zadatak, kod ocene pogodnosti terena za izgradnju.



Slika 3. – PRINCIPIJELNA ŠEMA GRAĐE KLIZIŠTA I GLAVNE PUKOTINE U KLIZNOM TELU, PO VARNS-U;
1- pukotine otkidanja, (na zatezanje), 2- čelo klizišta, 3- poprečne pukotine,
4- radijalne pukotine, 5- nožica klizišta, 6- bočne strane (bokovi),7- telo klizišta,
8- klizna zona (klizna ravan), 9- podina klizišta

3.3. Stadijum kliznog procesa

Dinamika svakog geološkog procesa, **pa i nastanka klizišta** odlikuje se zakonom- ernom prirodnom sukcesivnošću, što znači da se njihov nastanak vezuje za određeni **mehanizam i fazu aktivnosti**. Brzina premeštanja stenskih masa, kao i sam karakter klizanja održavaju se na **dinamiku** i **vrstu klizišta**, ali **ne utiču na sam mehanizam procesa**.

U toku formiranja klizišta, generalno se mogu izdvojiti, četiri stadijuma: **stadijum pripreme, stadijum glavnog premeštanja, stadijum sekundarnog premeštanja i stadijum smirivanja**.
Detaljnije, o ovom i drugim karakteristikama, o klizištima, videti u lit. [10], kao i u drugoj odgovarajućoj stručnoj literaturi.

4. KLIZIŠTA NA TERITORIJI SRBIJE

Na osnovu istraživanja geodinamičke zakonomernosti, nastanka i razvoja procesa kliženja, utvrđeno je, da teritorija Srbije (a i širi prostor bivše SFRJ), ima mnogo **labilnih* i nestabilnih terena****, koje karakterišu pojave, brojnih **klizišta, odrona i sipara** (različitih dimenzija, mehanizama i stepena aktivnosti), što u principu, najviše zadaje problema kod izgradnje i održavanja u eksploataciji objekata, posebno objekata saobraćajno – putne infrastrukture, slike 4, 5 i 6. [1], [3], [11].
Slika 4, predstavlja shematski **prikaz stepena raz- vijenosti procesa kliženja** u zavisnosti od geološke građe padinskih delova terena u Srbiji, dok sl.5, predstavlja (uočene) **zone nestabilnosti** sa formiranim pojavama, klizišta, odrona i sipara, na tim prostorima. A, slika 6, predstvlja **registar – evidentiranih klizišta** i drugih pojava nestabilnosti, na državnim putevima I i II reda Srbije u periodu od 2005. do 2011. god.

Mada nije tačno utvrđeno, ali se predpostavlja, da ovih pojava ima nekoliko stotina, vrlo velikih (aktivnih i teških za sanaciju), do nekoliko desetina hiljada manjih (aktivnih i umirenih), često sklonih ponovnom aktiviranju. To obilje pojava nestabilnosti je raspoređeno po celoj teritoriji Srbije, ali neravnomerno, slike (4, 5 i 6). Javljaju se, praktično, u svim geološkim formacijama, kako u planinskim, tako i u brdovitim, pa i blago zatalasanim terenima, posebno na padinama, odnosno obalama, većih rečnih tokova: Dunava, Save, Morave, Drine, Ibra, Timoka i dr. u kojima je manje ili više zastupljena glinena komponenta. Najviše ih je po padinama tercijarnih (neogenih) i kvartarnih naslaga, zatim u flišnim i flišolikim tvorevinama, u kristalastim škriljcima, te u dijabaz - rožnoj i dijabaztufitskoj seriji, a manje i u ostalim geološkim formacijama, slika 4, [3].

U proteklim decenijama, a posebno 2005. i 2006. g., su bili pogodni uslovi za aktiviranje brojnih klizišta (naročito u Šumadiji) i odrona. Velika klizišta, nastala pre više od jednog veka, aktivna su i danas. U prošlosti su registrovani takvi periodi: četrdesetih, šezdesetih, sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog veka itd. Dakle, po pravilu se, **kliženja obnavljaju** u inetrvalima od 10 do 20 godina. Nažalost, s obzirom na današnje klimatsko hidrološke uslove, za očekivati je da se ti procesi intenziviraju i ove i narednih godina.

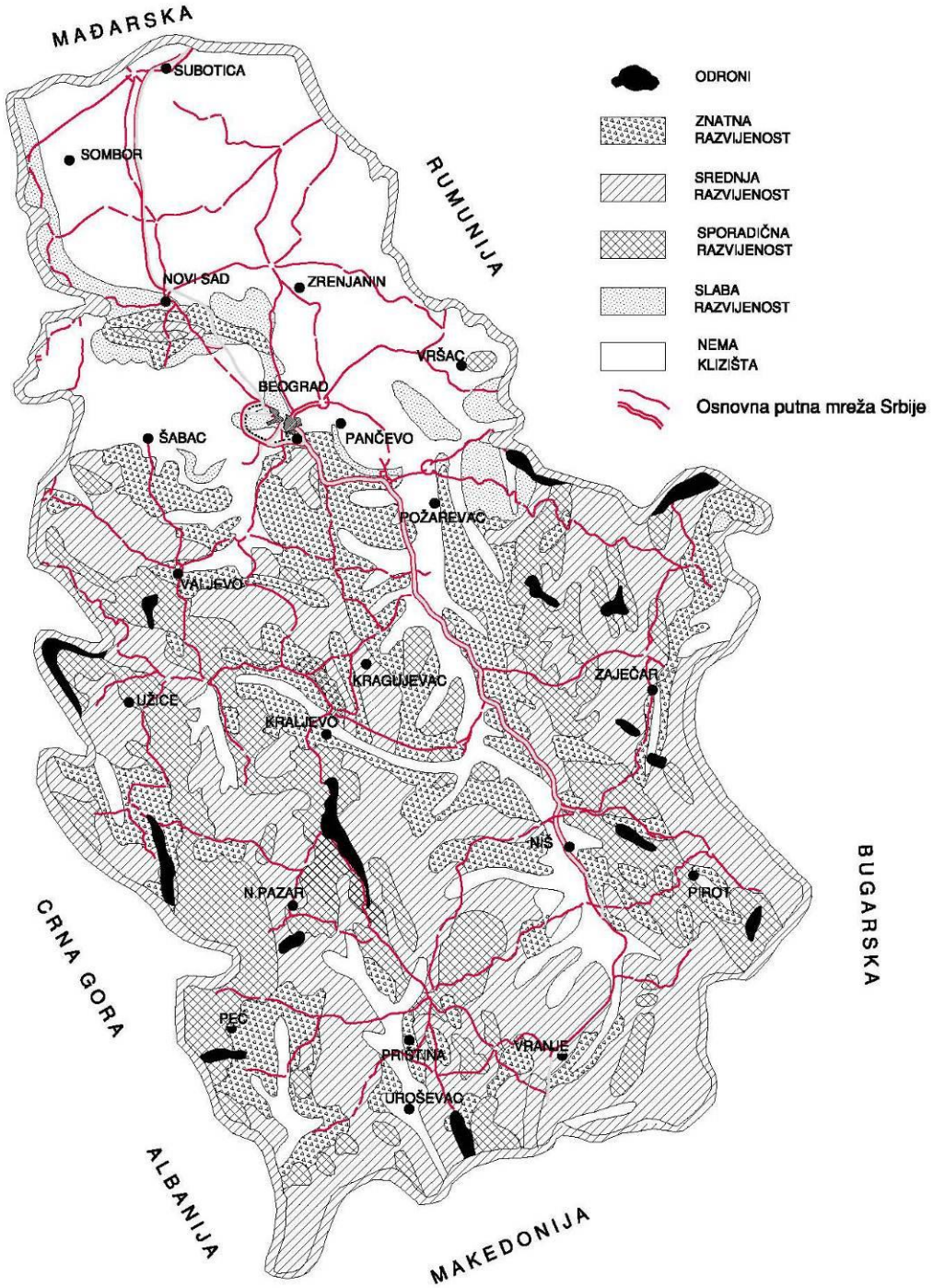
Učestalost i obimnost ovih (bez daljeg), „**prirodnih nepogoda**“, po zahvatanju prostora, posebno je velika u pojedinim delovima Centralne Srbije (i do 50% teritorije, a negde i više), u kojima su padine, **ili već zahvaćene kliženjem i odronjavanjem, ili su labilne** (na granici stabilnosti), pri čemu postoji stalan visoki „**hazard i rizik**“ od formiranja, većih (novih) klizišta i odrona, **kao i njihovih posledica, odnosno šteta**.

Procenjuje se, da između 20 i 25%, od ukupne površine Republike Srbije, je obuhvaćeno procesima kliženja **i drugim vidovima nestabilnosti**, s tim što ima terena, gde su ti procesi dosta retki (npr. u Vojvodini 2 – 3%), i drugih gde ih ima u izobilju (npr. u centralnom delu Srbije u Šumadiji, zatim u zapadnoj i jugoistočnoj Srbiji, i dr.). Samo u širem području Grdeličke klisure, **registrovano je nekoliko hiljada**, što manjih, što većih (**aktivnih ili umirenih**) klizišta, i (nešto manje) odrona [1].

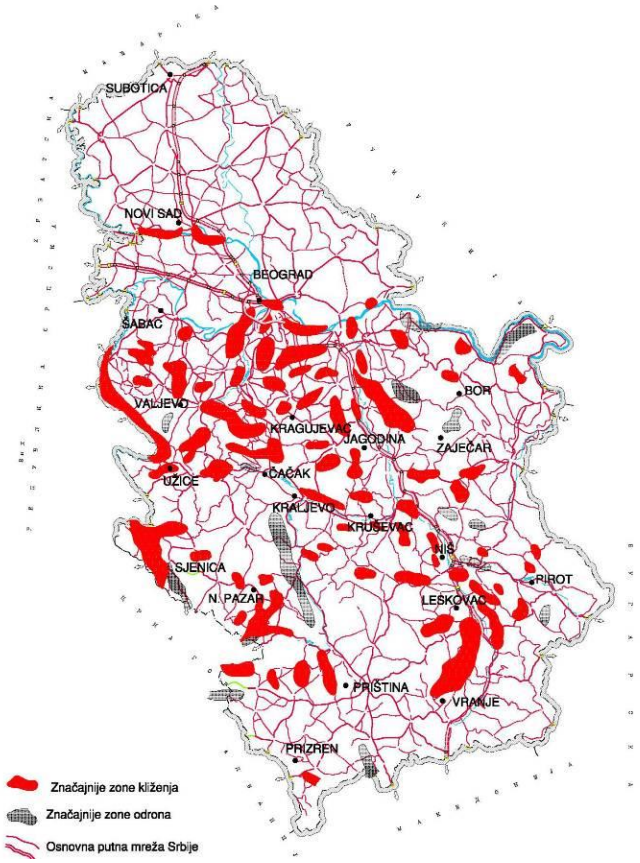
Radi ilustracije, **navode se neka dobro poznata klizišta**, većih razmera, koja se mogu tretirati kao **prirodne nepogode**, a to su, klizišta: „Umka“ i „Duboko“ na obali Save, zatim na širem području grada Beograda klizišta: Karaburma, Mirijevo, Vinča, Ritopek, Grocka, Mladenovac, te na padinskim delovima užeg gradskog područja i dr.; klizišta na padinama Fruške Gore, duž desne obale Dunava, kod mosta Slobode i Beške, Sremskih Karlovaca, Čortanovaca, Čerevića i Bocki; te klizišta u Smederevu „Plavinac“ i na području Đerdapa; pa klizišta duž rečnih obala: Morave, Drine, Lima i Ibra; klizišta u zoni akumulacija: Zavoj, Ćelije, Rovni i dr.; klizišta u zoni površinskih kopova: Majdanpek, Kolubara, Kostolac; klizišta u urbanim i seoskim područjima:

* **Labilan teren** je, uslovno stabilan u postojećim uslovima, ali mu određene promene napona (usled oscilacija nivoa izdani, zemljotresa, zasecanja, nasipanja), mogu narušiti ravnotežu i dovesti do vidljivih pojava deformacija reljefa i same njihove građe.
** **Nestabilan teren** (za razliku od stabilnog terena, postojanih svojstava – u razmerama posmatranja u geotehnici), sam od sebe menja građu i reljef.

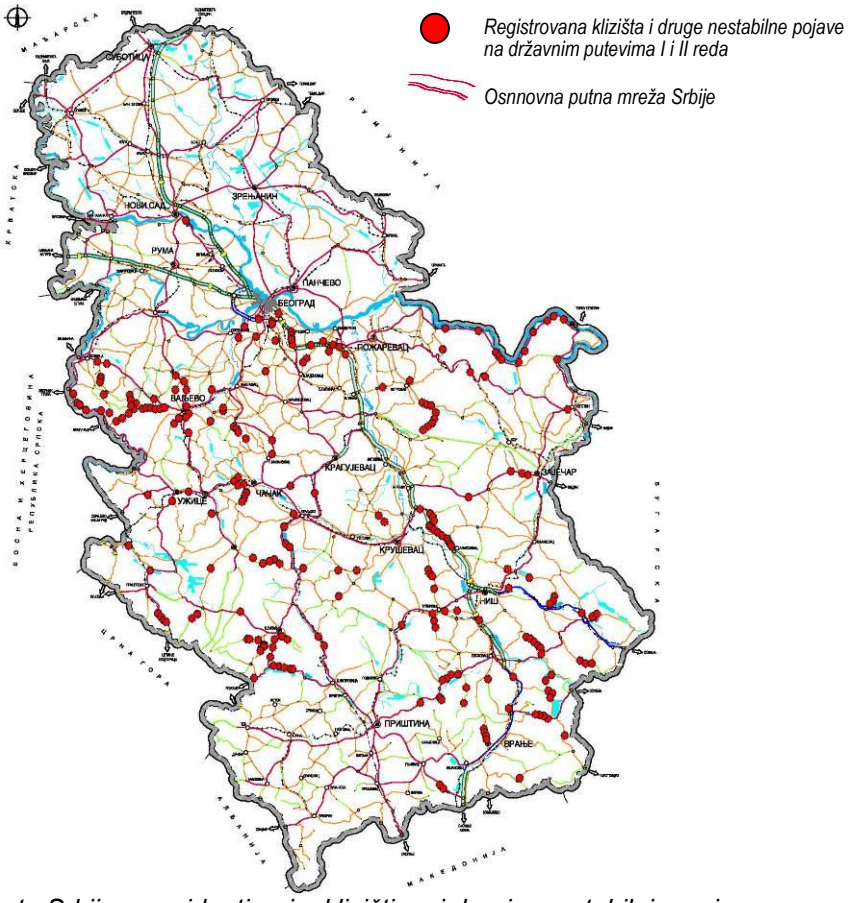
Trstenika - selo Bogdanje, LJiga, Mionice, Valjeva, Niša, Kruševca, Kragujevca, Novog Pazara, i dr.; te klizišta na **koridoru 10: Begaljica, Kolari, Ražanj** (koja se nalaze u zoni autoputa E-75, na potezu od Beograda do Niša), i dr.; klizišta u jugoistočnoj Srbiji: Jovac, Grdelica, itd., (slike 5 i 6); kao i **brojna klizišta** u zasečenim padinama, **duž državnih puteva Srbije I i II reda**, (slika 6) Što u principu, **znatno otežava**, stalno a sigurno i ekonomično obezbeđenje odvijanja saobraćaja na putnoj mreži Srbije, **odnosno racionalno gazdovanje sa tom putnom mrežom** [1], [11].



Slika 4. – Pregledna karta Srbije sa prikazom stepena razvijenosti procesa kliženja u zavisnosti od geološke građe terena



Slika 5. – Pregledna karta Srbije sa značajnim zonama nestabilnosti terena: klizišta,odrona i sipara



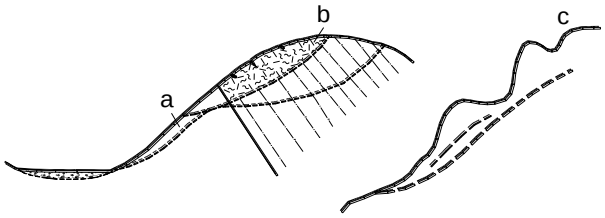
Slika 6. – Pregledna karta Srbije sa evidentiranim klizištima i drugim nestabilnim pojavama na državni putevima I i II reda, u periodu od 2005 – 2011. god.

5. ŠTA TREBA ZNATI O PADINAMA PRI PROJEKTOVANJU I IZGRADNJI PUTNIH SAOBRAĆAJNICA

Pri projektovanju i izgradnji putnih saobraćajnica, neophodno je, pre svega, proučiti stanje stabilnosti padina, naročito u terenima gde su razvijeni, ili pak, mogu da se pojave procesi klizanja. Zato što, izgradnja liniskih (pre svega putnih) objekata na **labilnim**, a pogotovu na **nestabilnim** terenima, zahteva posebnu analizu, kojoj treba da prethode detaljna inženjerskogeološka istraživanja, jer će, ukoliko se ne preduzmu odgovarajuće mere, pre ili kasnije, **nastupiti deformacije terena i objekata na njemu**. Opšte je pravilo, **veština angažovanja padine**, odnosno, analiziranje njene stabilnosti, **pre pojave klizanja**, a ne već, kad proces krene.

Kod analize padina, **potrebno je, pre svega, sakupiti sledeće** [10]:

1. Litološki stratigrafski sastav terena, uključujući i litogenezu (analiza stenskih masa koje čine padinu), zatim starost stenskih masa i facijalnu izmenu (kako se prostorno javljaju i kakva im je struktura);
2. Genetski tip padine (razvojni stadijum), koja može biti: eroziona, deluvijalna, osulinska (siparska), klizna, soliflukciona, fluvijalno akumulaciona, abraziona, tektonsko rasedna, bujično eroziona i **najčešće složena**. Kod razvojnog stadijuma padine uglavnom se razlikuje u 3 slučaja: **stadijum pripreme** (a), **stadijum aktivnih izmena nagiba padine** (b), i **stadijum smirivanja geoloških procesa** (c), slika 7.
3. **Starost obrazovanja padine**, vrlo je važno poznavati, zbog interventnih mera duž nje (**daleko je lakše ako je padina stabilizovana i nema trenutno otkidanja**).



Slika 7. – Razvojni stadijum padine (a, b i c)

Pored toga, kod padina je važno analizirati, oblik i vrstu padine, visinu padine, hidrogeološka svojstva vrste i stanje podzemnih voda (na i) u padini (njeno poreklo), odnosno da li je padina suva, umereno vlažna, jako vlažna, zatim i sadašnje stanje padine (**svežina i raspadnutost**), seizmičnost, stanje stabilnosti padine (stabilna, uslovno stabilna, nestabilna), sa korelacijom stanja, istraživane padine sa drugim padinama, te korišćenje ranijih iskustava u građenju na toj padini, uključujući i (**praktičnu**) analizu stabilnosti (**efikasnost ranijih mera stabilnosti, kao i eventualne greške, pri saniranju ranijih objekata na toj padini**).

Zato izučavanje prirodnih padina, **ne može imati formalni** (zanemarujući), već suštinski značaj, sve dotle, **dok se teren posmatra kao građevinsko tlo**.

6. ISTRAŽIVANJE I PROCENA STABILNOSTI PADINSKIH (DELOVA) TERENA

Da bi smo utvrdili mogućnost izgradnje puta na labilnim ili već nestabilnim padinama, potrebno je da istražimo ona svojstva terena koja neposredno utiču na njegovu stabilnost, odnosno na izbor eventalnih mera sanacije. **To su svojsva**, pre svega:

- **klizne površi** (ili zone),
- **tela klizišta,** i
- **stabilne podloge i bokova klizišta.**

Obradom ovih i ostalih relevantnih podataka o terenu, saznaćemo: **uzrok pojave**, odnosno procesa; **dinamiku kliženja** i **stepen stabilnosti terena**.

Prema našem iskustvu, **klizna površ** - njen položaj, dimenzije, karakteristike, obično je predisponirana geološkom građom i istorijom formiranja terena. To je vrlo često, tanak proslojak gline (debljine/cm) – zona iluvijacije, formirana na kontaktu porozne mase tela klizišta i stabilne podloge.

Zbog toga je vrlo važan izbor odgovarajućih metodoloških pristupa, odnosno **istražnih radova**. Otuda se, prvo radi **njihov (program) projekat**, a tek pošto je prihvaćen od strane revizije, pristupa se izvođenju predviđenih radova.
Ne ulazeći u detalje - jer je to već bio predmet brojnih radova, na nacionalnim i međunarodnim skupovima, ukazaćemo samo na neke važne činjenice:

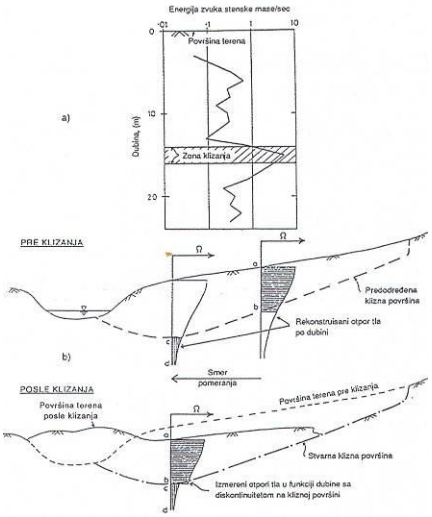
Teren je složena prirodna tvorevina, gotovo svagda heterogena i u pogledu fizičko - mehaničkih svojstava, anizotropna i diskontinualna. Različiti procesi koji se u terenu odvijaju, **menjaju njegova svojstva tokom vremena**, tako da su ova, u trenutku istraživanja, **odraz njihovog dotad aktivnog integralnog dejstva**. Buduća svojstva terena – kao što je stabilnost u uslovima građenja i eksploatacije putne saobraćajnice, **zavisiće još od novih procesa** – kako prirodnih tako i tehnogenih (antropogenih) i njihove interakcije tokom veka trajanja saobraćajnice.

Da bi se u celosti sagledali i dovoljno pouzdano prognoziralo kompleksno ponašanje terena i saobraćajnice, **moraju se upoznati svi relevantni procesi i efekti njihovog sadejstva** [1], [11].

Zona sadejstva je istovremeno budući **istražni prostor**. Radi pravilnog projektovanja istraživanja on se približno utvrđuje u fazi rekognosciranja terena, a njegove stvarne granice – kao i karakteristična svojstva, krajnji su cilj istraživača. Ovo ukazuje na činjenicu da je istraživanje terena u ove svrhe, svojevrsan **istraživački proces**, jer zahteva kontinualnu obradu – analizu i sintezu utvrđenih podataka, proveru postavljenih hipoteza (po potrebi, njihovu dopunu ili, čak, postavljanje novih), a ne samo rutinsko izvršenje projektovanih radova.

6.1. Savremeni principi i metode istraživanja

Iz tog razloga, **istraživanje labilnih i nestabilnih terena**, za fazu idejnog i, naročito, glavnog projekta, treba posebno detaljno sprovesti, **koristoći pri tome sva raspoloživa saznanja i najsavremenije metodološke postupke**. Podsećamo na značaj terenskih metoda (osim, standardnog bušenja), na primer, daljinske detekcije i geofizičkih metoda (sa površine i po dubini, slika 8), zatim na prednosti, i nužnost osmatranja oscilacija nivoa izdani (slika 9), pomeranja terena (inklinometarska merenja, slika 10, te presiometarska i dilatometarska merenja i sl.), kao i izbor odgovarajućih – reprezentativnih (ili merodavnih) uzroka. Ovo poslednje, se naročito odnosi na izorke iz zone klizanja čija su otporna svojstva **presudna po stabilnost terena**, jer ulaze u sve geostatičke proračune [1], [6], [10], [11].

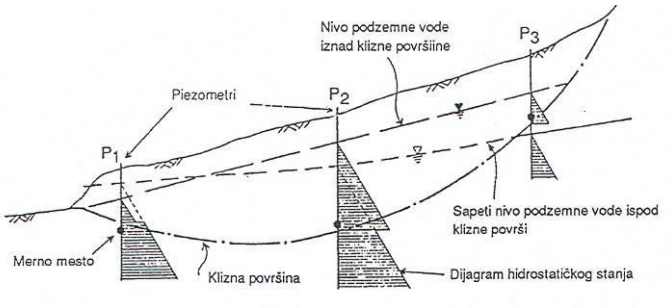


Slika 8 – Određivanje dubine kliženja karotažom bušotina:
a) dijagram geoakustičnog karotaža u izmenjenim glinenim škriljcima. Izraziti max je u kliznoj zoni (J.N. Hutchinson, 1981) b) dijagram geoakustičnog karotaža upleistocenim marinskim glinama, izraziti min u kliznoj zoni formiranoj u ispranoj, mekoj glin. Klizište Furre, Norveška, (J.N. Hutchinson, 1981)

S tim u vezi, **u kompleksnijim terenskim uslovima posebno su pogodna istražna okna**, koja omogućuju direktna osmatranja i merenja u stenskoj masi „in situ“, kao i izbor **stvarno neporemećenih**, dovoljno velikih i optimalno orijentisanih uzoraka za laboratorijska ispitivanja.

Laboratorijska ispitivanja uzoraka stena obuhvataju (pre svega), određivanje uobičajenih identifikaciono – klasifikacionih pokazatelja i pokazatelja čvrstoće smicanja, duž klizne površi. Pri tome, treba utvrditi

eventualnu promenu čvrstoće smicanja u toku vremena za očekivane uslove, jer je u glincima i glinama, duž diskontinuiteta, česta pojava „omekšavanja“, odnosno **progresivnog loma**.



Slika 9. – Optimalan položaj pijezometara pri određivanju pornog pritiska u kliznoj površini

Izvođenje opita i ekstrapolacija dobijenih rezultata na stenske mase zahteva, dobro poznavanje terenskih prilika, **naročito svojstava klizne površi**, **mehanizma kliženja i dinamike procesa kliženja**.

7. USLOVI PROVOĐENJA TRASE PUTA NA LABILNIM I NESTABILNIM TERENIMA I PRINCIPI IZBORA SANACIONIH MERA

Kao što je poznato, sa gledišta putogradnje, teren se još uvek razvrstava, **samo prema svojim topografskim karakteristikama**. U zavisnosti od topografske klase i ranga puta, odabiraju se njegovi geometriski i drugi elementi (projektovanja brzina kretanja vozila, širina kolovoza, radijus horizontalne krivine, maksimalni podužni i poprečni nagib).

Mada se u određenoj meri topografske i inženjerskogeološke karakteristike terena **podudaraju**, ostaje činjenica da mnogi brežuljkasti, pa i gotovo ravničarski tereni (nagiba ispod 5°), **zbog nepovoljnih inženjerskogeoloških i geotehničkih karakteristika**, mogu biti znatno nepovoljniji od brdskih terena, kako za izgradnju tako i za održavanje savremene saobraćajnice. To je posebno izraženo kod autoputeva i drugih magistralnih puteva, čija širina, danas prelazi 30 m. Očigledno je stoga, da će projektanti i graditelji puteva **morati da pri izboru trase** i elemenata saobraćajnice, **uvažavaju** i **geotehničku podobnost terena**. Ovo je neophodno već u prvim fazama projektovanja, posebno kad trasa prelazi **potencijalno nestabilna**, na primer, **privremeno stabilizovana područja**, čije bi zasecanje, a potom i dinamički (usled kretanja vozila) uticaji, predstavljali stalnu opasnost za bezbedno odvijanje saobraćaja.

Ukoliko je geotehnička **podobnost terena povoljna**, a **rang puta niži** – manje širine i ne tako strogih zahteva u pogledu geometrijskih elemenata, **slobodnijim vođenjem trase, mogu se eventalno izbeći nestabilni delovi terena**.

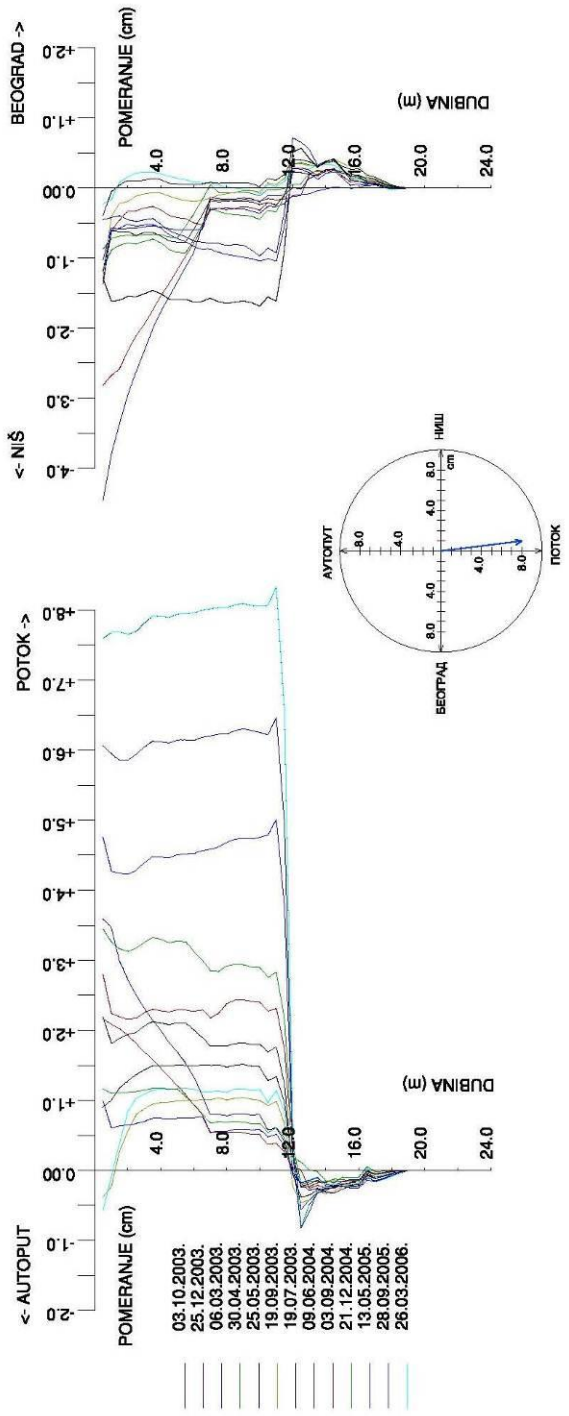
Ako je to neizvodljivo, treba unapred računati sa deformacijama terena koje saobraćajnica neće moći da prati. U tom slučaju preostaje, da li da:

- **sprečimo pomeranje terena**, ili
- **saobraćajnicu učinimo nezavisnom od pomeranja terena**.

Shodno tome, u sledećoj fazi istraživanja za **idejni**, a potom i **glavni projekat**, na određenoj lokaciji klizišta, **treba obaviti sva odgovarajuća istraživanja**. Rezultati ovih istraživanja moraju obezbediti podatke relevantne za projekat sanacije, odnosno rešenje premošćavanja nestabilnog terena, **odgovarajućim veštačkim objektom**. Na kraju će tehničko – ekonomska analiza pokazati prednosti ponuđenih rešenja.

Iskustvo pokazuje da radovi na izgradnji i održavanju savremenih putnih saobraćajnica najvećeg ranga u **nestabilnim terenima**, mogu da budu višestruko skuplji, nego u stabilnim terenima. Da i ne pominjemo ugroženost ljudskih života!

U principu, **sanacija terena** se sastoji **u otklanjanju osnovnog uzroka pojave nestabilnosti**. ako je ovaj trajnog karaktera (erozija nožice klizišta!), preduzimaju se još i druge mere, na primer, **povećavaju otporna svojstva terena**, odnosno **smanjuju najnepovoljnije aktivne sile težine**, uključujući i hidraulički uticaj.
Na kraju još nekoliko preporuka i sugestija, koje mogu biti od koristi pri provođenju puta preko labilnih i nestabilnih terena, odnosno **kako se boriti protiv procesa kliženja**:



Slika 10. - Dijagrami ukupnih pomeranja vektor pomeranja (klizište Ražanj)

Pri trasiranju puta po padinama, treba posebno obratiti pažnju na jaruge, vododerine i suve potoke, koji su nastali pod dejstvom privremenih vodenih tokova. Naročito su karakteristične jaruge u lesu, čiji su tokovi vertikalni. U prisustvu vode les gubi svoju strukturu, što može prouzrokovati jaka ošećenja na putevima, **usled naknadnih sleganja**. Isto tako jaruge u stadijumu rašćenja su aktivne, zbog toga takva mesta, treba zaobilaziti ili obuhvatiti projektom sanacije.

Kod provođenja trase preko **osulina,** treba razlikovati četiri slučaja:

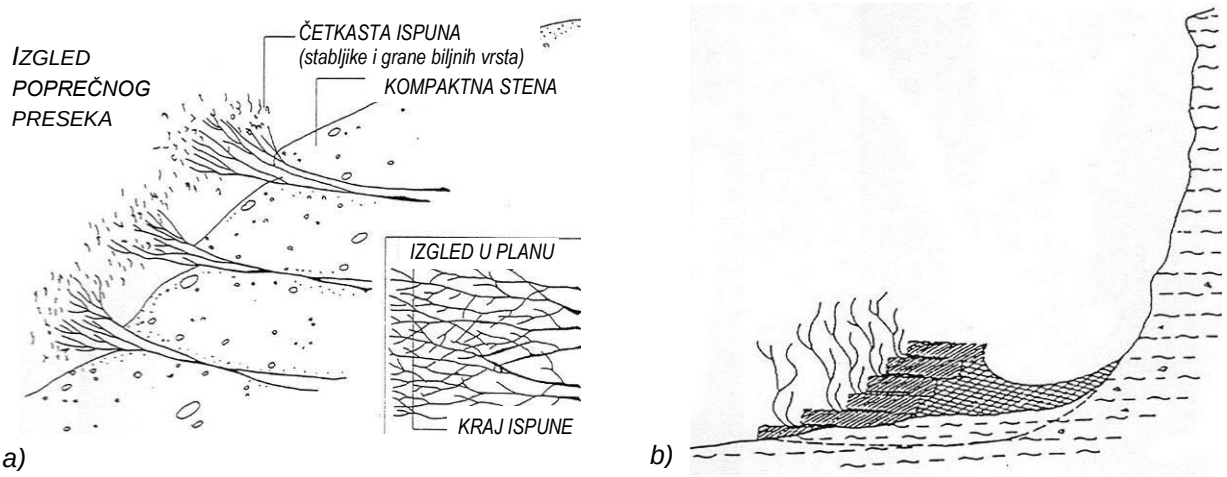
- Ako postoji mogućnost osulinu treba zaobići;
- Ako se put nalazi u neposrednoj blizini nožice osuline, **potrebno je izvršiti zaštitu puta potpornim zidovima**;
- Kad put jednim delom zadire u osulinu, a jednim delom se nalazi van nje, **potrebno je predvideti zaštitu puta potpornim zidom**;

- Kad se trasa puta, zbog lokalnih uslova, mora sprovesti po padini osuline. Ovo je najteži slučaj za trasiranje puta**, pošto se put mora osloniti na pokretnu masu osuline**. U ovom slučaju rešenje trase puta zavisi od stepena pokretljivosti osuline, (najopasnije su aktivne osuline naročito na strmim padinama), od debljine osulinskog materijala i hidrogeoloških uslova. U povoljnim slučajevima primenjuju se potporne konstrukcije sa gornje i donje strane puta, a u najnepovoljnijim se osulina premošćuje objektom;

Ukoliko trasa puta **zbog svojih tehničkih elemenata ne može**, da zaobiđe labilne i nestabilne padine, potrebno je izvesti sanacione radove u cilju stabilizacije tog područja. **Sanacioni radovi se vrše na osnovu projekta sanacije, koji se radi na bazi detaljnih istraživanja i ispitivanja**.
Kad su u pitanju sanacione mere, one se mogu grubo podeliti na: **preventivne, osnovne i sekundarne** (mere održavanje postignutog stanja stabilnosti).
U principu, **preventivne mere** su od velikog značaja, jer su njihovi troškovi i do pet puta manji (za približno postignute rezultate), nego troškovi sanacionih mera za direktne štete, izazvane aktiviranjem klizišta.

Tabela 1. Klasifikacija različitih biotehničkih zaštita padina i kontrolnr mere protiv erozije

KATEGORIJA		PRIMER
Žive konstrukcije Konvencionalno zasađivanje		– sejanje trave – bušenje – transplantacija
KOMBINOVANE KONSTRUKCIJE	Stablaste biljke koje se koriste za jačanje i kao bariere kretanja tla	– pobadanje kolaca – konturno preplitanje – slojevi u obliku četki – mekani gabioni – posteljice u oblike četki
	Udruženi vegetacija / konstrukcija	– parapeti sa zasađivanjem na površini padine – oziđivanje sa zasađivanjem na površini padine – pločaste konstrukcije sa etažnim zasađivanjem
	Stabljikaste biljke koje se gaje na prednjim otvorima međuprostora kod potpornih zidova	– žive rešetke – kameni gabioni obrasli vegetacijom – zemljani rešetkasti zidovi obrasli vegetacijom – parapeti obrasli vegetacijom
	Stabljikaste biljke koje se gaje na prednjim otvorima međuprostora kod poroznih ozidavanja nasipa	– spojeno zasađivanje – posteljice od pobodenih gabiona – betonsko kamene obloge obrasle vegetaciom – šupljikava rešetka obrasla vegetaciom – «ojačana» trava
Unutrašnje konstrukcije Konvencionalne konstrukcije		– betonski gravitacioni zidovi – cilindrični zidovi – pločasti zidovi



Slika 11.– Šematski prikaz stabilizacije: a) padina sa četkastom ispunom (stabljike i grane biljnih vrsta); b) klizišta armiranom zemljom i vegetacijom

Od preventivnih mera, u novije vreme, sve se više poklanja pažnja upotrebi vegetacije (dobro oprobana metoda od ranije) u sanaciji klizišta i nestabilnih padina, koja u kombinaciji sa drugim biotehničkim merama (tabela 1), može dati veliki doprinos i u trajnoj sanaciji, sl. 11. Poznato je, da kod pravilno pošumljenih terena (zasad: jove, breze, bagrema, vrbe i dr.), nema izraženih spiranja niti pojava većih kliženja, zato što prisutno bilje i drveće isušuje površinske slojeve terena i mehanički ih učvršćuje svojim korenjem, koje se u potrazi za

vodom razvija duboko u terenu, što pogodno deluje na učvršćivanje tla. Jedno stablo ovakve vrste, godišnje iscrpi iz tla 30 – 40.000 litara vode, a korenom stabilizuje 5 – 8 m^3 tla.

Inače, često primenjeni (osnovni) sanacioni radovi, obuhvataju:
- Objekte za brzu i efikasnu evakuaciju površinskih i podzemnih voda. Površinske vode se odvode sa klizišta otvorenim površinskim jarkovima, a podzemne, drenažnim rovovima, drenažnim potkopima i drenažnim bunarima.
- Vegetacionu zaštitu, zatravnjivanjem ili zasadima. U tu svrhu se biraju zasadi sa dubokim korenjem ili sadnice onih vrsta grmlja koje se vegetativno razmnožavaju.
- Viseće mreže koje se koriste na vrlo strmim kosinama i koje štite podnožje od odronjenog kamenog materijala.
- Obložne konstrukcije koje se primenjuju u slabo vezanim stenskim masama u vidu montažnih prostornih građevina, sastavljenih iz žičanih korpi napunjenih k amenom ili armirano betonskih elemenata. Osnovni zadatak ovih konstrukcija je **sprečavanje erozije i otkidanja stenskih masa**.
- Potporne konstrukcije, koje se primenjuju za prijem pritisaka od pokrenute stenske mase. **Fundiranje ovih konstrukcija mora biti u nekretanom tlu**.
- Raspodela zemljanih masa, rasterećenjem vrha klizišta i opterećenjem nožice klizišta, poboljšava uslove stabilnosti terena.
- Objekti za zaštitu obala koji se rade kada je glavni uzrok klizanja potkopavanje nožice padine usled dejstva vode. Primenjuje se: **kameni nabačaj, gabioni, betonski zidovi i slične konstrukcije**.
- Sidrenje, injektiranje i očvršćivanje tla hemijskim putem takođe se primenjuje kao mera sanacije u određenim uslovima, i dr.

8. ZAKLJUČAK

Poznavanje prirode pojedinih vrsta padinskih procesa (pogotovo, procesa kliženja), omogućava donošenje korektne prognoze njihovog razvoja, od regionalnih za šira područja do lokalnih - odnosno konkretnog terena ili objekta. Detaljnost prognoze, po svim vidovima, mora sadržati **sledeće osnovne karakteristike**:
- **mesto nastanka** – pojava, razvoj i smirivanje procesa, naročito u slučajevima kada dolazi do premeštanja stena na značajna rastojanja;
- **vreme nastanka i razvoja procesa**, sa analizom uslova i uzroka nastanka prethodnih pokreta, dužine, kontinualnosti ili periodičnosti aktivnosti;
- **intenzitet** (brzina) razvoja procesa;
- **parametri dejstva procesa i nastalih pojava**; njihove razmere, zapremina, novo formirane akumulacije materijala i oblik reljefa.

Značaj zakonomernosti razvoja, **geoloških i inženjerskogeoloških procesa**, omogućava izradu logičnih **inženjerskogeoloških i geotehničkih modela** građe terena i samog procesa, izbor najracionalnijih metoda proračuna, eksperimentalnih i geoloških analiza, što praktično predstavlja, bitan preduslov **za sigurno i racionalno** planiranje, projektovanje i izgradnju svih vrsta objekata, **posebno objekata saobraćajne infra-strukture**, u ovakvim (terenskim – padinskim) uslovima. Zato je potrebno, pre bilo kakve planirane graditeljske aktivnosti, pravovremeno otkriti, prepoznati i sveobuhvatno istražiti (primenom savremenih principa i metoda) **nestabilne i labilne terene**, odnosno njihove procese i pojave.

9. LITERATURA

[1] Dokumentacija Instituta za puteve, a.d. iz Beograda.
[2] Penck W.: *Die morphologische anolyse*, Stuttgart. (1924).
[3] Luković M.T.: *Važniji tipovi naših klizišta i mogućnosti njihovog saniranja*, Beograd. (1950).
[4] Hutchinson J.N.: General Report. *Assessment of the effectiveness of corrective measures in relation to geological conditions and tzpes of slope movement*; Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 16 (131-155). (1977).
[5] Janjić M.: *Inženjerska geodinamika*, RGF, Beograd, (1979).
[6] Hutchinson J.N.: *Metode određivanja položaja kliznih površi u klizištima*. Zbornik radova Instituta za puteve i Rudarsko geološkog fakulteta sa simpozijuma istraživanja i sanacije klizišta, Bled. (1981).
[7] Varnes D.I.: *Dvižnije sklonov, tipi i procesi*, prevod sa engleskog u knjizi „Opolzni", Mir, Moskva. (1981).
[8] Vujanić V.: *Cadaster register of landslides and unstable slopes in town planing an the winder territory of Belgrade*, National HABITAT Committee, Belgrade. (1995).
[9] Vujanić V., Jotić M., Jelisavac B., Božinović B.,Ćorić S.: *Sinteza rezultata geotehničkih istraživanja klizišta na Savi „Umka" i „Duboko"*, Zbornik radova Instituta za puteve i Rudarsko geološkog fakulteta, Simpozijum „Istraživanja i sanacija klizišta", Donji Milanovac, (1995).
[10] Rokić LJ., Vujanić V.: *Proučavanje padinskih procesa za potrebe planiranja, projektovanja i izgradnje građevinskih objekata*, Monografija „Padine" Institut za puteve, a.d., Beograd, (2000).
[11] Vujanić V.: *Izrada puta na labilnim i nestabilnim terenima*, Građevinski kalendar (544-581), (2007).

ŠTA JE TO GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO, A ŠTA JE TO GEOTEHNIKA U PUTNOM INŽENJERSTVU – TUMAČENJA I ZNAČENJA NJIHOVIH POJMOVA

Vladeta Vujanić[1]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com

Rezime: *Geotehničko inženjerstvo, odnosno geotehnika, predstavljaju značajan deo planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, uopšte, posebno objekata saobraćajne infrastrukture. Zbog toga je, veoma bitno u primeni ovih inženjersko – tehničkih disciplina, pravilno razumeti potrebu za njima, zatim njihova značenja i tumačenja. O tome i drugim pitanjima autor u ovom radu iznosi neke svoje stavove i predloge.*

Ključne reči: *Geotehničko inženjerstvo, geotehnika, značenje i tumačenje pojmova.*

1. UVOD

Opšte je poznato, da je projektovanje objekata (posebno, objekata saobraćajne i druge infrastrukture), **postupno odlučivanje** uz delovanje brojnih činilaca, kao što su: ekonomski, tehnički, socijalni i drugi. Između tih brojnih činilaca, geotehnička svojstva terena, su od posebnog značaja, jer u velikoj meri utiču na „**izvodljivost**“ (feasibility), **i koštanje objekta**. Ova dva činioca uslovljavaju definitivnu odluku o projektovanju i građenju objekta. Stoga, geotehnička istraživanja i ispitivanja, kao, i osmatranja, **predstavljaju veoma značajan deo**, planiranja, projektovanja, građenja i održavanja objekta.

U mnogim slučajevima geološki i geotehnički uslovi, mogu presuditi za izbor varijantnog (projektnog) rešenja. To se naročito odnosi na, izbor optimalnog koridora i trase puta, rešenja za provođenje puta, rešenja za provođenje puta preko nestabilnih i malo nosivih terena, izbor načina građenja i tipa tunelskih konstrukcija, načina fundiranja mostova i drugih objekata, stabilizacije kosina, obezbeđenje lokalnih geološko - građevinskih materijala i dr. Geotehnička istraživanja su, takođe, osnova za programe i projekte zaštite životne sredine, posebno zaštite (prirodnog), tla i podzemne vode.

U nedostatku nedovoljno preciznih, naučno - stručnih razjašnjenja i definisanja, šta se smatra pod pojmom „geotehničko inženjerstvo“, a šta pod pojmom „geotehnika“, pokušano je ovim radom, da se zainteresovana (naša) stručna javnost, bliže upozna o ovoj tematici, odnosno **o terminima, pojmovima i značenjima**, koji se u stručnoj praksi kod nas (pa i u svetu), najčešće, danas prihvataju i primenjuju. Sve to, sa ciljem, da bi se uspostavilo **ili pak**, približilo jedinstveno mišljenje u okviru geotehničko – inženjersko geološke struke, pa onda te stavove **povezalo i sa drugim strukama**, koje pretenduju da se bave **geotehnikom**, odnosno **geotehničkim inženjerstvom**.

2. NEKE SPECIFIČNOSTI GEOTEHNIČKOG INŽENJERSTVA, ODNOSNO GEOTEHNIKE (RAZVOJ, PROBLEMI, ZNAČAJ, BALAST ILI POTREBA)

Počeci razvoja **geotehnike**, kao naučno – tehničke discipline, datiraju još od kraja XIX veka (Konkain, Terzaghi, i dr.), koji su proizišli iz kontinuiteta razvoja **mehanike tla**, kao značajne oblasti geotehnike. A, od polovine XX veka, je u svetu, pa i kod nas, ta disciplina, **definitivno prihvaćena**, pod imenom **geotehnika**.

Prema našim saznanjima „termin“ geotehnika, prvi je upotrebio Kulon (Charles Augustin de Coulomb, 1783), a osnovni (u ranijoj prošlosti) predstavnik, odnosno teoretski i praktični zagovornik ovog termina bio je Tercagi (Karl von Terzaghi).

Dakle, **geotehnika** koja je začeta krajem XIX, a oblikovana sredinom XX veka, i danas u XXI veku nas, **nadalje pod tim imenom vodi**.

U međuvremenu, pored geotehnike, razvila se u stručnoj praksi nova inženjerska disciplina, koja danas egzistira pod nazivom „geotehničko inženjerstvo“.

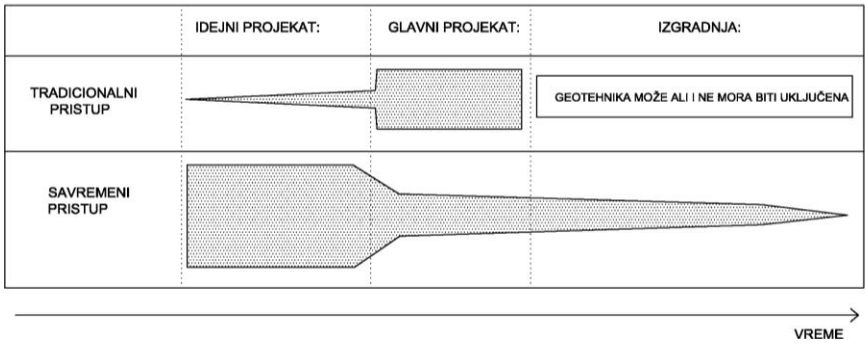
U toku svog razvoja, **geotehničko inženjerstvo** je steklo specifične karakteristike **po kojima se razlikuje od ostalih inženjerskih disciplina**. Ova specifična obeležja odnse se na sledeće činjenice:

- U geotehničkom inženjerstvu, središte rada su prirodni materijali, kao što su, **tlo i stene**. Inženjerska svojstva takvih materijala su znatno kompleksnija od proizvodnih materijala, kao što je čelik, i teže ih je okarakterisati. Svojstva tla, mogu se, znatno razlikovati na različitim terenima/gradilištima, ali i na različitim lokacijama unutar istog terena/gradilišta. U tom smislu, veliki deo novca i rada usmeren je na ispitivanje i određivanje osobina materijala na terenu. Za razliku od građevinskih inženjera, koji o svojstvima materijala mogu saznati iz

postojećih knjiga, **geotehnički inženjeri** sa svakog terena moraju posebno uzimati uzorke i **testirati ih u laboratoriji**. Da bi se takvi zadaci obavili, geotehnički inženjeri sa ostalim radnicima, veliki deo vremena provode na terenu ili u laboratiriji.

- Realna ekonomska ograničenja utiču na vrstu i obim istražnih radova (bušotina i sl.), koje možemo da izvedemo, kao i broj (obim) laboratorijskih opita. Iz tog razloga, imamo neposredno saznanje o osobinama zanemarljivog dela tla ili stena koje se nalaze ispod ispitivane lokacije. To predstavlja potencijalni izvor pogrešnih zaključaka: Koji su uslovi (pot)površinskih slojeva, **između i izvan bušotina**? Da li uzorci verodostojno prikazuju uslove terena? U kojoj meri se uzorak poremeti prilikom vađenja i prenošenja do laboratorije? Koliki je uticaj ovih poremećaja na merenja inženjerskih svojstava?
- Zbog pravljenja potencijalno velikih grešaka, prilikom određivanja svojstava materijala na gradilištu, koristi se veliki broj inženjerskih procena, prilikom analize podataka **dobijenih sa terena ili iz laboratorije**. Štaviše, naša sposobnost da sprovedemo brojne analize znatno prevazilazi tačnost podataka na kojima su te analize zasnovane. Stoga, su rezultati ovakvih analiza, **često neprecizni**. Iz tog razloga, uglavnom, se koriste veći faktori sigurnosti i veoma oprezne ocene u projektnim rešenjima.
- U većoj meri, se često, oslanjamo na „inženjersku procenu“, koja predstalja kombinaciju iskustva, subjektivnosti, oslanjanja na ranije slučajeve i drugih faktora.
- Takođe, u većoj meri inženjeri geotehnike učestvuju u izgradnji, i često prepravljaju svoje predloge za projekat u slučajevima, kada prilikom izgradnje nailaze na uslove koji se razlikuju od predviđenih.

Zbog (svega) toga, se događa, da su, u mnogim slučajevima, u procesu projektovanja i izgradnje, građevinskih objekata, naročito, u slučaju velikih infrastrukturnih projekata, finalni troškovi izgradnje **znatno veći, od onih koji su predviđeni projektom**. I ako su razlozi za ovo brojni, jedna faza procesa projektovanja i izgradnje, je (često) meta **ozbiljnih preispitivanja**. To su geotehnička istraživanja, koja se, ili uopšte ne izvode, ili su izvedena nedovoljna i neadekvatna, da bi se sa aspekta geotehničkog inženjerstva, moglo odgovoriti, na sve te navedene probleme i specifičnosti, (sl. 1). U prilog tome je i činjenica da je u integralnom sistemu, kojeg čini teren i objekat, prirodna konstrukcija znatno složenija, po svom sastavu, stanju i svojstvima. Zato, na pouzdanost prognoze interakcije, daleko veći (ili bar isti), uticaj ima tačno definisanje, prirodne konstrukcije, što je upravo, i razlog da poznavanje te sredine čini, suštinski osnov sigurnog i racionalnog projektovanja i izgradnje objekata.



Slika 1. *Različite koncepcije u pristupu geotehničkim istraživanjima*

2.1. Moguće posledice nedostataka geotehničkog istraživanja

U okviru namenske studije koja je sprovedena u Velikoj Britaniji pre nekoliko godina vršena je analiza troškova koji su ostvareni tokom izgradnje pojedinih objekata. Uvidom u projektnu dokumentaciju izvedenih objekata u okviru studije o geotehničkim istraživanjima zaključeno je da je pri izvođenju objekata u vrednosti 40 miliona £, na geotehnička istraživanja utrošeno oko 150.000 £, što predstavlja 0,004% ukupno ugovorene sume za navedene objekte. Imajući u vidu preporučene vrednosti utroška sredstava za geotehnička istraživanja koje iznose oko 1-3 % (Clayton, 2005.) lako je ustanoviti potencijal za velike propuste. Daljom analizom navedene projektne dokumentacije zaključuje se da je blizu 60% izvođača imalo teškoća u realizaciji projekata uglavnom zbog nedovoljne istraženosti terena, što je uzrokovalo znatna kašnjenja, veliko poskupljenja radova i negativan imidž pojedinih kompanija u javnosti. Nažalost, ovakvih (sličnih) primera bilo je znatno više u prošlosti, a i danas se dešava, **na širem** (našem) **prostoru**, **pa i u svetu**.

Da se ovako nešto nebi dešavalo u praksi, s obzirom na značaj geotehnike u procesu planiranja, projekto-vanja i izgradnje **svakog objekta**, geotehnička istraživanja treba, obavezno, da prethode svakoj fazi – nivou planiranja i projektnih aktivnosti, odnosno oni čine (sastavni) deo tehničke dokumentacije. A izvode se po programu (metodologija, vrsta i obim), u zavisnosti od projektantskih ciljeva i zadataka, složenosti problema koje treba rešiti, kategorije i ranga objekta, faze – nivoa projektovanja i dr. – uz poštovanje **osnovnih principa istraživanja**: postupnosti, potpunosti, ravnomernosti i ekonomičnosti.



Slika 2. *Alternativna rešenja sidrenja u zavisnosti od lične procene*
(prema stripu u brošuri Rudarskog instituta Australije)

3. ŠTA JE TO GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO, A ŠTA JE TO GEOTEHNIKA?

3.1. Definicije, pojmovi i tumačenja

Da bi se shvatila suština i značaj ovih naučno-stručnih (inženjerskih) disciplina, navode se nekoliko, najčešće, **korišćenih pojmova i definicija**, koje same po sebi objašnjavaju, **i daju tumačenja o tome**:

Geotehničko inženjerstvo, je grana građevine, kaja se bavi **tlom**, **stenama i podzemnom vodom**, kao i njihovim odnosom prema projektovanju, izgradnji i eksploataciji građevinskih objekata, **koje je u suštini**, usko povezano sa inženjerskom geologijom, kao granom geologije a njihovo zajedničko delovanje u rešavanju (aktuelne) problematike, čini **geotehniku** (R. L. Handy -1995), slika 3.

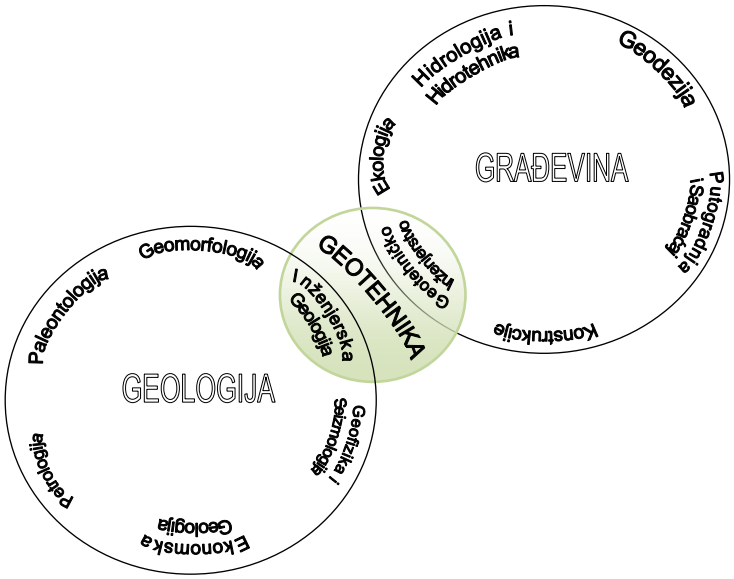
Skoro svi građevinski i drugi objekti su izgrađeni na i u (terenu) tlu, i stoga zahtevaju adekvatno rešavanje geotehničkih problema, **odnosno uslova građenja**.

Tipična (opšta), pitanja koje geotehnika obuhvata, **su sledeća**:
- Da li tlo i stena ispod objekta, bezbedno podupiru predloženi projekat?
- Kakvi uslovi podzemnih voda trenutno postoje, kako bi mogli da se promene u budućnosti i kakav uticaj oni imaju na projekat?
- Kakav će biti uticaj planiranog iskopa, zasecanja ili nasipanja?
- Da li su prirodni ili budući nagibi kosina stabilni? Ukoliko nisu, šta bi trebalo da učinimo, kako bi smo ih stabilizovali?
- Koje vrste temelja su neophodne, kako bi poduprle planirane objekte i na koji način bi trebalo da ih projektujemo?
- Ukoliko projekat zahteva potporne zidove, koja bi vrsta bila najbolja i kako bi trebalo da ih projektujemo?
- Kako će mesto gradnje reagovati na potencijalne zemljotrese?
- Da li je teren zagađen hemijskim i biološkim materijalima? Da li ovi materijali predstavljaju opasnost po zdravlje ili bezbednost? Ukoliko predstavljaju, šta bi trebalo da učinimo da bi smo rešili problem?

A, kad su u pitanju objekti saobraćajne (putne) infrastrukture, opšta pitanja na koja geotehnika, treba da da odgovore, su sledeća:
- da pruži projektantu potrebne elemente o geotehničkim svojstvima terena, kako bi on vodeći računa i o ostalim činiocima (voznodimaničkim, ekonomskim, sigurnosnim), **izabrao najbolju trasu saobraćajnice**. Zbog toga, geotehnička istraživanja moraju započeti u prvim fazama i produžiti se kroz sve faze projektovanja, a završiti se kontrolnim ispitivanjima u toku, odnosno oskultacionim merenjima posle završeog građenja saobraćajnice;
- da omogući rešenje svih geotehničkih problema, koji se javljaju na izabranoj trasi, a pre svega, problema stabilnosti terena tokom i posle završenog građenja saobraćajnice;
- da pruži podatke o geotehničkim svojstvima, **merodavnim za izvršenje zemljanih radova**, tj. radova na iskopu, transportu i ugrađivanju, kao i za izbor najpogodnije mehanizacije za izvršenje ovih radova;
- da pruži merodavne podatke za **određivanje cena koštanja izvršenja brojnih radova** (zemljani radovi, fundiranje objekata, izgradnja tunela, itd.);
- da olakša izvršenje svih radova i njihovu **kontrolu kvaliteta**, kao i **bezbednost** tokom građenja.

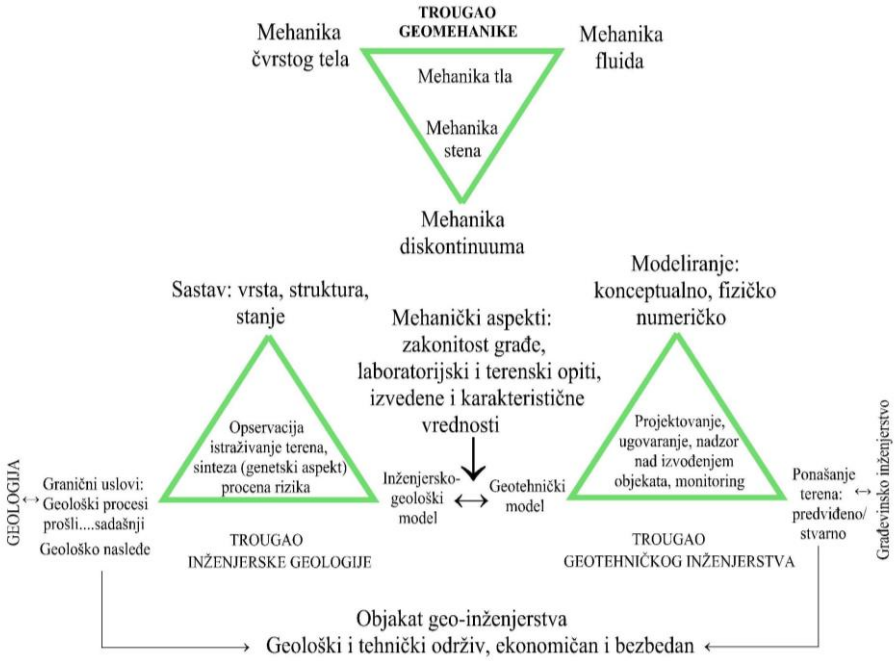
Ponekad su ova pitanja jednostavna i jasna i zahtevaju malo geotehnike. Međutim, u nekim slučajevima, ona su veoma složena i zahtevaju obimna istraživanja, ispitivanja i analize. Na teškim terenima, geotehnički uslovi mogu, (kao što je već rečeno), čak uticati i na tehno-ekonomsku izvodljivost projekta.

Navedena pitanja, odnosno ciljevi i zadaci na koje geotehnika, treba da odgovori, su osnovni (stručni) razlog, **uske povezanosti geotehničkog inženjerstva sa inženjerskom geologijom**, (D.P. Coduto, R.L. Handy). Jer, pojedinci iz (ove) obe profesije, često sarađuju, dajući pri tome, svako u svojoj oblasti (određeni) stručni doprinos u rešavanju praktičnih problema, a **njihovi zajednički napori** (oko definisanja uslova izgradnje objekta), čine **geotehniku**, u pravom smislu značenja, (slika 3).



Slika 3. *Geotehničko inženjerstvo predstavlja granu građevine, dok je inženjerska geologija grana geologije*

Definicijom geotehničkog inženjerstva, posebno su se bavili W.F. Van Impe, M. Panet, i N. Rengers, koji su u Istanbulu 2003. u okviru meeting IAEG, predložili algoritam uzajamnog odnosa, **inženjerske geologije**, **geomehanike** i **geotehničkog inženjerstva**, i njihove veze sa geologijom i građevinskim inženjerstvom, slika 4.



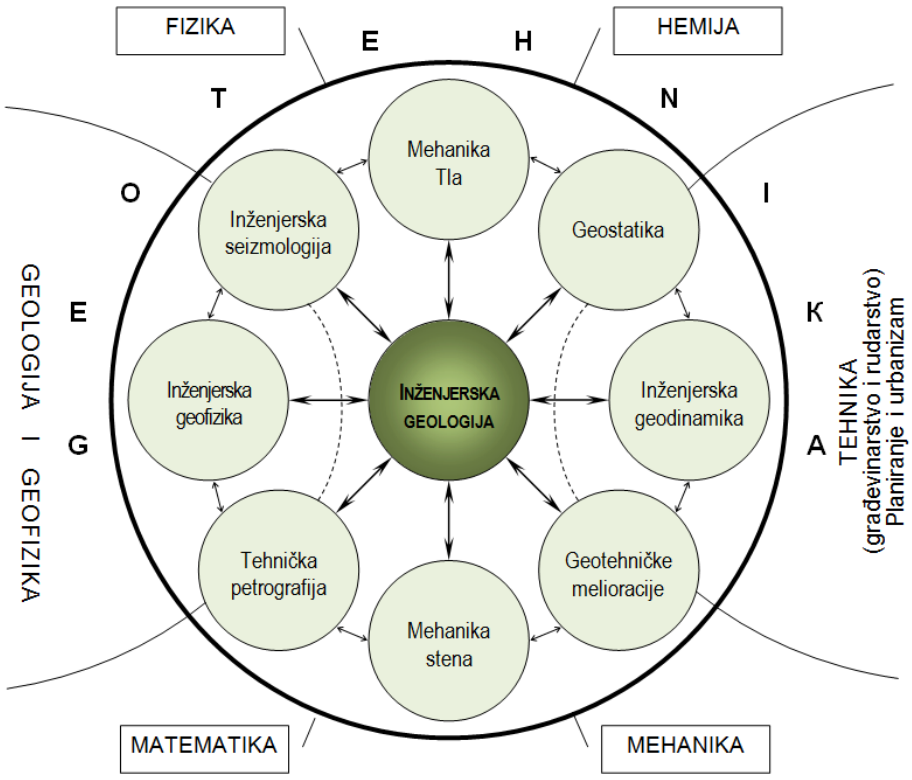
Slika 4. *Uzajamni odnos inženjerske geologije, geomehanike i geotehničkog inženjerstva i njihova veza sa geologijom i građevinskim inženjerstvom*

Prema navedenim autorima geotehničko inženjerstvo, **predstavlja glavne inženjerske aktivnosti**, „projektovanje i konstrukciju inženjerskih objekata“

Inženjerske aktivnosti su zasnovane na **inženjerskogeološkom – geotehničkom modelu terena**, a težište je na analizi i predviđanju ponašanja terena, **što je ključno za ekonomične i bezbedne konstrukcije**.

Činjenica je, da u literaturi ne postoji mnogo, dostupnih stručnih radova, koji opisuju, odnosno tretiraju ovu problematiku. I kad se pojave radovi o tome, u njima su pojmovi i definicije, često nekogzistentni, tj. nejasni i nedosledni, **jer poistovećuju ista značenja različitih inženjerskih - naučnih dosciplina**, ili pak, u drugom slučaju, **prave između njih**, **u tumačenju nepotrebne razlike**. Takvo stanje je, podstaklo grupu (naših) poznatih stručnjaka: P. Lokina, D. Sunarića, D. Jevremovića, V. Vujanića i LJ. Rokića (koji se dugi niz godina, praktično, bave ovom problematikom), da sačine i ponude našoj široj stručnoj javnosti 1997.g. (novi) **algoritam**, prikazan na slici br.5, koji po opštem stručnom mišljenju odražava (jedan), jasan, precizan i logičan odnos **geotehnike**, prema **srodnim naukama (slika 5)**.

Iako se na prvi pogled, može zapaziti razlika između sadržaja i tumačenja prikazanih u algoritmima, sa (slike 3, 4 i 5), ipak, pažljivom njihovom analizom može se konstatovati da oni, **u suštini**, predstavljaju isto tumačenje i značenje, po pitanju (bitnih) pojmova: **šta je to geotehničko inženjerstvo**, **a šta je to geotehnika**, samo se srodne naučno - stručne (inženjerske) discipline, koje ih čine, **različito postavljaju**, odnosno prikazuju (po njihovom sadržaju i rasporedu).



Slika 5. *Odnos geotehnike prema ostalim naukama*
(prema: P.Lokin, D.Sunarić, D. Jevremović, V.Vujanić, LJ. Rokić)

Mada, treba istaći, da su se (pored pomenutih stručnjaka), ovom - stručno terminološkom problematikom, u prošlosti, bavili i mnogi (drugi) naučnici i stručnjaci, kako na našem širem prostoru, tako i u svetu, ali su o tome malo prezentovali pisane radove. To se posebno odnosi, na naučnike i stručnjake iz ove oblasti, sa našeg šireg prostora. A od stranih, važno je istaći F. P. Savarenskog, I.V. Popova, E.M. Sergeeva, G.S. Zolotarjeva, N.A. Citoviča, T.W. Lambe-a, R.V. Whitman-a, F. Ruter-a, K. Klengel-a, J. Pašek-a, M. Matulu, D.P. Codut-a, R.L. Handy-a, J. Burland-a i dr.

Iz konteksta prikazanog algoritma (sl. 5), sledi: **da je geotehnika multidisciplinarna naučna i stručna oblast**, koja objedinjuje više naučnih disciplina: inženjersku geologiju, mehaniku tla, mehaniku stena, geostatiku, geotehničke melioracije terena, inženjersku hidrogeologiju, inženjersku geofiziku, inženjersku seizmologiju, tehničku petrografiju i dr. Ona je, takođe, i interdisciplinarna oblast, jer je nastala i razvija se u prostoru, između **prirodnih geoloških nauka**, s jedne strane, **i tehničkih nauka** (građevinarstva, rudarstva), **urbanizma** i dr., s druge strane. Ona se dakle, s pravom, može smatrati delom **primenjene geologije**, a isto tako, i delom **rudarske i građevinske tehnike** (P. Lokin, V. Vujanić).

Samo ovako „shvaćena“ geotehnika, može u savremenoj praksi imati (i ima) pun stručni doprinos u rešavanju određene problematike, jer da bi se napravila dobra analiza u izradi geotehničke osnove za projektovanje, „**inženjeri geotehnike**“ rade kao deo tima, koji takođe, obuhvata druge specijalizovane stručnjake, kao što su geolozi, konstruktivci, hidrotehničari, arhitekte i ostali. Mnogi aspekti u projketu se mogu rešiti, **samo zajedničkim naporima**, tako da konačni projekti **odražavaju kombinovano stručno znanje**, mnogih (stručnih) pojedinaca.

Uz prirodne geološke i tehničke discipline, geotehnika uključuje mnoge metode istraživanja i koristi rezultate i brojnih drugih nauka - matematike, statistike, hemije, fizike, mehanike i dr.

Drugim rečima, **geotehnika zahteva primenu kompleksnih metoda istraživanja**, bez obzira na grananje ili integrisanje raznih naučnih disciplina. Sve to, treba da bude usmereno na približavanje ove, **vrlo komplementarne delatnosti** osnovnoj nameni: **savremenom projektovanju i građenju objekata**.

GEOTEHNIKU, U ŠIREM SMISLU ČINE:

- geotehnička istraživanja (istraživanja geološke sredine u cilju racionalnog planiranja, projektovanja, građenja i korišćenja različitih objekata);
- geotehničko projektovanje (projektovanje geotehničkih radova i geotehničkih konstrukcija);
- geotehnički uslovi (skup svih okolnosti koje proizilaze iz svojstava i stanja geološke sredine, a utiču na sigurnost i ekonomičnost građenja odgovarajućih objekata). Oni zavise od svojstava geološke sredine i samog objekta (P. Lokin, V. Vujanić);
- geotehnički radovi (miniranje, bušenje, injektiranje, sidrenje, iskopi stenskih masa i dr.);
- izgradnja geotehničkih konstrukcija (potporne, temeljne i sl. konstrukcije, kon- strukcije od zemljanih i kamenih materijala - nasipi, nasute brane i sl., po nekim mišljenima i sve podzemne konstrukcije-tuneli, rudnici sa podzemnom eksploatacijom i drugi podzemni objekti).

Od navedenih aktivnosti, svakako, najbitnija su **geotehnička istraživanja**, koja predstavljaju kompleksna istraživanja sastava, svojstava i stanja stenskih masa, odnosno geološke sredine, **pre, za vreme i posle izgradnje objekta**, podrazumevajući prognozu i kontrolu njenog ponašanja u sadejstvu sa objektom (P. Lokin, V. Vujanić i dr.). Najkraće rečeno, ona se sastoje u utvrđivanju svojstava geološke sredine radi prognoze, a eventualno i regulisanja njene interakcije sa objektom. **Geologija** je, nesporno njihova osnova, a **tehničke nauke** njihova nadgradnja.

Odnosno, „geotehnička istraživanja predstavljaju skup kompleksnih terenskih i laboratorijskih metoda istraži- vanja koja se namenski izvode na lokacijama projektovanih građevinskih objekata u cilju utvrđivanja građe, stanja i svojstava stena i terena, radi definisanja pogodnosti, načina i uslova njihove izgradnje. Dakle, geotehnička istraživanja **predstavljaju složeni proces proučavanja prirodne geološke građe terena**, koja mora biti definisana kroz analizu materijalnog sastava, strukture i teksture, istorijski razvoj i opšti regionalni sklop, geodinamičke procese, kvalitativno – kvantitativna svojstva svojstva stena kao radnih sredina za temeljenje i izgradnju objekata i uticaj geoloških i tehnogenih agenasa koji menjaju ta svojstva kroz prostor i vreme. Kada se, u tako definisanu sredinu postavi inženjerski objekat, **tada se sva prirodna geološka svojstva tretiraju kao geotehnička**, u cilju uspostavljanja interaktivne veze prirodna geološka konstrukcija - objekat, uz uvažavanje svih konstruktivnih specifičnosti koje ti objekti imaju. Zbog toga, **geologija** nastoji da automizacijom, odnosno višim nivoom organizacije i specijalizacije, u okviru fundamentalnih i primenjenih disciplina, **doprinose većem nivou kvalitativnog i kvantitativnog definisanja terena kao realnog fizičkog medijuma za temeljenje i izgradnju objekata** (LJ. Rokić, V. Vujanić)“.

Radi dodatnih pojašnjenja o međusobnim vezama i odnosima između „**geotehničkog inženjerstva i geotehnike**“, sa ostalim srodnim naukama, - u nastavku ovog rada, se navodi, **nekoliko odabranih definicija**, značenja i tumačenja terminoloških pojmova, saopštenih od poznatih stručnih imena, iz zemlje i inostranstva (čiji su naučno - stručni doprinosi bavljenja ovom problematikom, veoma poznati), **a koji se direktno ili indirektno odnose na predmetnu problematiku**, kao što je:

- **Geološka sredina,** je onaj deo litosfere koji ulazi u interakciju sa ljudskom delatnošću i predstavlja materijalnu sredinu za direktnu razmenu materije i energije između čoveka i prirode. Tako shvaćena, geološka sredina predstavlja i važan deo životne sredine, kao što je hidrosfera i litosfera (M. Matula, P. Lokin, V. Vujanić i dr.).
- **Teren** (sa geotehničkog gledišta), predstavlja površinski deo litosfere koji utiče na uslove izgradnje, a u kome se manifestuju uticaji građenja i eksploatacije objekta, pa je isti i predmet istraživanja radi definisanja navedenih uticaja. Neodvojivu komponentu svakog terena, **predstavlja i njegov reljef** (M. Matula, P. Lokin, V. Vujanić i dr.).

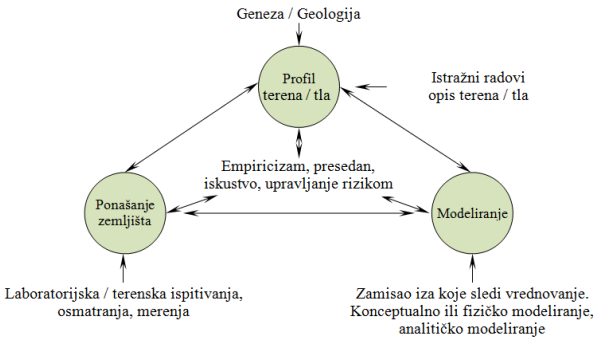
U literaturi, a i u praksi sa građevinskog aspekta se često (kao mogući deo geološke sredine), koristi termin **tlo**, koje podrazumeva višefaznu tvorevinu od čvrstih čestica, gasova i tečnosti, nastalo procesima raspadanja stena, sedimentacijom ili veštačkim putem (T.W. Lambe, R.V. Whitman).

- Sa geotehničkog gledišta, teren se može tretirati kao **prirodna konstrukcija** i kao **radna sredina** (M. Janjić, B. Kujundžić, P. Lokin, D. Božinović i dr.).
- Tretman terena, kao prirodne konstrukcije podrazumeva da ga posmatramo kao deo jedinstvenog sistema koji čine **veštačka konstrukcija** (objekat), i **prirodna konstrukcija** (teren). Analogno elementima veštačke konstrukcije, kao elemente prirodne konstrukcije **izdvajamo prirodne sredine**. Jednu takvu sredinu, **čine stenske mase**, **istih ili sličnih svojstava**, koje se u statičkom smislu ponašaju kao celina.
- Tretman terena, kao radne sredine, podrazumeva da ga posmatramo **kao prostor** u kome se sprovode različite tehničke operacije: bušenje, miniranje, iskop, utovar, transport i sl., za koje treba obezbediti optimalne učinke i neophodnu sigurnost za ljudstvo i materijalna dobra.
- **Inženjerska geologija** (nauka o geološkoj sredini), izučava stenske mase, geološke procese i geološke osobine prostora, sa ciljem racionalnog korišćenja i zaštite geološke sredine (gornjih delova litosfere), u vezi sa inženjerskom delatnošću čoveka, a pre svega sa graditeljskom delatnošću (E.M. Sergev).
- Zatim, da je „**inženjerska geologija**, poznata pod imenom **geološko inženjerstvo**, ustvari naučna disciplina, koja se bavi primenom znanja na **inženjerske probleme**“ (Encyclopaedia Britannica).
- Te, definicija pojma **inženjerske geologije** po Statutu međunarodne asocijacije za inženjersku geologiju i okolinu (IAEG – Kjoto, 1992.), koja glasi da je: “**Inženjerska geologija** nauka, kaja se bavi istraživanjem, izučavanjem i rešavanjem inženjerskih problema i problema zaštite životne sredine, koji mogu nastati kao rezultat **interakcije** između **geološke sredine** i **inženjerskih aktivnosti**, isto tako se bavi i **predviđanjem nastanka tih problema**, kao i razvojem preventivnih ili sanacionih mera geoloških hazarda”.
- **Inženjersko-geološka istraživanja**, predstavljaju integralno proučavanje sastava, svojstava i dinamike onog dela zemljine kore, dokle dosežu uticaji i posledice čovekove delatnosti (P.Lokin, V.Vujanić i dr.).
- Kao što se vidi iz datih definicija, inženjerska geologija, **je geološka nauka**, koja se graniči **sa tehničkim naukama** (Građevinarstvo i rudarstvo), **a tesno je povezana** i sa ostalim geološkim naukama i drugim, prirodnim naukama (G. S. Zolotarjev).
- U prilog ovome je i definicija inženjerske geologije (F. Reuter, K. Klengel, J. Pašek), **da je ona deo Geotehnike**, nalazeći svoju primenu u mnogim sferama privredne delatnosti: građevinarstvu (stambena i industrijska izgradnja, izgradnja hidrotehničkih i energetskih objekata i izgradnja saobraćajnica), rudarstvu, prostornom planiranju (osvajanje i uređenje teritorija), poljoprivredi (melioracije, regulisanje korita reka i potoka, seoska izgradnja), odbrani (izgradnja objekata specijalne namene, korišćenje veštačkih podzemnih prostorija i prirodnih kaverni), i zaštita životne sredine.

4. GEOTEHNIČKO NUMERIČKO MODELIRANJE – PREDVIĐANJE ILI PROCES

Ulogu modeliranja u praksi geotehničkog inženjerstva, prvi je, jasno prikazao **prof John Byrland** (Jon Burland), sa Imperijal koledža iz Londona u svom predavanju iz 1987. g. U ovom predavanju, on je saopštio gledište da se praksa geotehničkog inženjerstva sastoji, **iz 3 dela**: *utvrđivanje profila terena/tla, određivanje ponašanja terena/tla i modeliranje* - uz uzajamno povezivanje i uz podršku iskustva koje se sastoji od empiricizma i predhodnog slučaja. On je povezao ove 3 sastavnice, što je danas poznato, kao ***Burland trougao.***

Burland trougao je postao tako predmet širokih rasprava i znatno se proširio od momenta prvog oglašavanja. Proširena verzija Burland trougla, kao što je predstavljena u časopisu "Ground Engineering" (Nepoznati autor 1999.), prikazana je na slici 6.

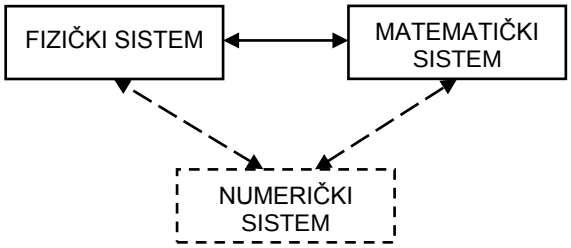


Slika 6. *Prošireni Burland trougao (Nepoznati autor 1999. god.)*

Burland je zamislio geotehničku praksu, koja **zahteva jasno razumevanje profila terena**, utvrđenog na osnovu istražnih radova, **određivanje ponašanja tla**, na osnovu terenskih i laboratorijskih merenja, i zatim, primenu dotičnog razumevanja, **kroz korišćenje modeliranja**. Važno je skrenuti pažnju na dva obeležja ovog trougla: **prvo**, *da su sva tri koraka uzajamno povezana* i **drugo**, *da su svi povezani na osnovu iskustva.*

Važna zamisao u ovom predstavljanju se ogleda u tome, kako je proces modeliranja celovit i ugrađen u sveukupni inženjerski proces. To je tačka na kojoj naše razumevanje terenskih uslova i ponašanja tla prerasta u zamišljeni pojmovni model, koji se može izvesti preko korišćenja **analitičkih tehnika** (numerički modeli), ili **fizičkih modela** u cilju pružanja pomoći kod tumačenja i projektovanja.

Pored pružanja uvida o mestu analitičkih modela unutar geotehničke prakse, Burland trougao nam, takođe, predočava širu definiciju modeliranja, jer živimo sa onim što nam priroda pruža. Zapravo, razrada razumevanja o tome šta je priroda dala, predstavlja pretežni deo inženjerskog izazova. Samim tim, nameće se potreba, da složenu fizičku stvarnost iskažemo u nekom matematičkom sistemu, radi **kvantifikacije** naših **proračuna i projekata** i da shvatimo naš rizik i neizvesnost.



Slika 7. *Jednostavna definicija modeliranja*

Složenost modeliranja

Modeliranje je, dakle, **proces** pomoću kojeg gradimo pojednostavljenu matematičku stvarnost iz složenije fizičke stvarnosti. U ovom procesu se često oslanjamo na numeričke metode (ili modele), kako bismo potpunije opisali složenu fizičku stvarnost, (slika 7).

U geotehničkom inženjerstvu, naše središte delovanja se sastoji od prirodnog geološkog materijala koje je pozanto po svojoj promenljivosti, kako u smislu svojstava, tako i u smislu prostorne raspoređenosti.

Povrh složenosti geologije i ponašanja, moramo da se oslonimo na složene proračune i metode projektovanja.

Važno je istaći, da se povede računa **da svrha modeliranja**, posebno upotreba numeričkih modela, nije samo pokušaj kopiranja svekolike složenosti prirode. **Duh modeliranja** ogleda se u sposobnosti, da se jedino razradi predstavljanje složenosti fizičke stvarnosti, koje je potrebno da se u dovoljnoj meri shvati ponašanje saglasno zahtevima posebnog projekta / proračuna.

Razumevanje ovog jednostavnog pojmovnog pristupa pomaže inženjeru, da shvati, zašto proces modeliranja uvek počinje sa najjednostavnijim pojmovnim modelom (istrajnost i jednostavnost), a zatim dolazi do povećanja složenosti, sve do onog nivoa, koji je dovoljan da predstavi ponašanje materijala koje je predmet interesovanja.

Primena modela

Moguće je razvrstati korišćenje modela na brojne načine, ali ukazujemo na tri opšte kategorije:

- *Tumačenje:* Ovo se odnosi na upotrebu modela radi lakšeg tumačenja terenskih i laboratorijskih podataka. Na primer, razrada modela kod pružanja pomoći prilikom povratne analize niza podataka proisteklih iz monitoringa;
- *Proračun/Projektovanje:* Prilikom ove primene, mi razvijamo model koji treba da nam olakša upoređivanje relativnog učinka raznih projektnih varijanti, s manjim naglaskom na završno predviđanje učinka;
- *Predviđanje:* Konačno, mi bismo mogli da koristimo model za dobijanje završnog, kvantifikujućeg predviđanja stvarnog ponašanja na terenu.

Sagledavajući sve u tom kontekstu, možemo videti kako je moguće obezbediti maksimalnu korist iz modeliranja kada se isto ugrađuje i primenjuje na celokupni proces prikupljanja podataka, tumačenja, projektovanja /proračuna i konačnog predviđanja. Proces modeliranja mora metodološki da obuhvati istražne radove (profil terena/tla), **terenska i laboratorijska ispitivanja i monitoring** (ponašanje tla), kao i teoretsku zamisao i **numeričke analize**.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA – KONSTATACIJE I NAPOMENE

Iako, danas u svetu ne postoji opšte prihvaćena definicija **geotehnike**, za razliku pojma **geotehničkog inženjerstva**, gde postoji (većinsko) definisana stručna usaglašenost o tome, **na osnovu iznetog**, može se konstatovati sledeće:

- **Geotehničko inženjerstvo**, je kao grana građevine usko povezano sa inženjerskom geologijom, koja predstavlja granu geologije.
- **Geotehnika predstavlja**, primenu naučnih metoda i inženjerskih principa u procesu prikupljanja, interpretacije i poznavanja tla i stena *za rešavanje praktičnih inženjerskih problema*, da bi se zemljina kora prilagodila ljudskim potrebama.
- **Primena geotehnike**, pored ostalog, uključuje predviđanje, prevenciju i sanaciju šteta uzrokovanih prirodnim hazardima kao što su: *lavine, tecišta, klizišta, odroni i vulkanske erupcije*.
- **Geotehnika sadrži**, delove mehanike tla, mehanike stena i mnoge inženjerske aspekte geologije, geofizike, hidrologije i drugih nauka. Geotehnikom se bave, kako inženjeri geolozi (spec. inženjerske geologije i geotehnike), tako i inženjeri građevine (spec. za geotehniku).
- **Primena mehanike tla**, **mehanike stena** (jer su one za geotehničko inženjerstvo, ono što je mehanika za projektovanje konstrukcija), i **mehanike fluida** na projektovanje, izgradnju i sagledavanje interakcije sistema teren – objekat, je od velikog značaja za sagledavanje problematike geotehnike i geotehničkog inženjerstva.
- U sistemu koji čine **prirodna-geološka** i **veštačka konstrukcija**, prirodna konstrukcija je znatno složenija po svom sastavu, stanju i svojstvima. Zato na pouzdanost prognoze njihove interakcije, daleko veći uticaj ima tačno definisanje prirodne konstrukcije, što je upravo i razlog da poznavanje te sredine *čini suštinski osnov geotehnike*.
- **Numeričko** (geotehničko) **modeliranje**, predstavlja pristup u operaciju numeričke alatke (opis složene fizičke stvarnosti), kao inženjerskog procesa za rešavanje određenih geotehničkih problema.

Proces modeliranja, je zapravo put do otkrića – načina učenja o nečem novom, a odnosi se na složeno ponašanje našeg fizičkog sveta. Pored toga, to je proces koji nam pomaže da potpunije razumemo veoma složene fizičke procese, i koji nam može pomoći u proveri našeg inženjerskog prosuđivanja, uz veće pouzdanje da predviđamo.

Literatura

[1] P. Lokin, V. Vujanić: *Metodologija projektovanja i izvođenja geotehničkih istraživanja za potrebe planiranja, projektovanja i građenja puteva – Stidija I faza,* Republička direkcija za puteve, Beograd, 1996.

[2] P. Lokin, D. Sunarić, D. Jevremović, V. Vujanić, LJ. Rokić: *Odnos geotehnike i njeno mesto u sistemu nauke*, Okrugli sto „Geološka struka i srodne struke“ – komplementarnost i nesporazumi, SITS, Beograd, 1997.

[3] LJ. Rokić, V. Vujanić, B. Jelisavac, M. Jotić: *Metodološki principi izrade ekogeološke karte kod vrednovanja prostora pri planiranju putnih saobraćajnica*, Savetovanje „Beograd – južni Jadran“, Čačak, 1997.

[4] V. Vujanić: Definicije osnovnih pojmova koje se najčešće primenjuju kod geološko – geotehničkih istraživanja za potrebe planiranja, projektovanja, izgradnje I eksploatacije objekata, časopis Instituta za puteve, a.d., br. 26/97, Beograd 1997.

[5] *Gudelines for geotechnical reports, technical buletin*, Ministry of Transportatiom and Highways, Canada, 1998.

[6] Donald P. Caduto: *Geotechnical Engineering*, *Principles and Practices*, Prentoce Hall, Upper Saddle River, NJ07458, New Jersey, 2000.

[7] LJ. Rokić, V. Vujanić: *Monografija „Padine“ - proučavanje padinskih procesa za potrebe planiranja, projektovanja i izgradnje građevinskih objekata*, Institut za puteve a.d., Beograd, 2000.

[8] V. Vujanić, P. Lokin, LJ. Rokić: *Geotechnical investigations in road engineering,* Zbornik referatov (1 del), 6 Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2002.

[9] S. Lee Barbour and John Krahn, *Geotecnical News*, Richmond, 2004.

[10] V.Vujanić, P.Lokin, LJ.Rokić: *Geotehnika u putnom inženjerstvu*, Zbornik radova sa naučno-stručnog savetovanja „Geotehnički aspekti građevinarstva“, Kopaonik, 2005.

[11] V. Vujanić, S. Milenković: *Značaj geotehnike za putno inženjerstvo – tumačenje, balast ili potreba*, Zbornik radova sa XIV Simpozijuma inženjerske geologije i geotehnike, Beograd, 2012.

[12] D. Jevremović, D. Sunarić: *Prikaz različitih poimanja termina inženjerska geologija, geotehnika i geotehnologija*, Zbornik radova sa XIV Simpozijuma inženjerske geologije i geotehnike, Beograd, 2012.

[13] V. Vujanić, M. Jotić: *Razvoj geotehnike u putevima (1955-2012)*, Zbornik radova sa XIV Simpozijuma inženjerske geologije i geotehnike, Beograd, 2012.

[14] Zbornik radova DGEITS-a, Komitet za IG i GT, sa XIV Simpozijuma inženjerske geologije i geotehnike, Beograd, 2012.

[15] Stručna literatura Instituta za puteve, a.d., Beograd.

SEIZMIČKI RIZIK LINISKIH I TAČKASTIH OBJEKATA STVORENE SREDINE – NEKI ASPEKTI

Slobodan Nedeljković[1],
Sistem Geo-In, 11000 Beograd, Južni Bulevar broj 38, e-meil: slnedeljkovic@sbb.rs
Vladeta Vujanić[2]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com
Milovan Jotić[3]
Institut IMS a.d. 11000 Beograd, Bulevar Vojvode MIšića br 43; e-mail: mjotic@hotmail.rs

Rezime: *Evrokod EC8 zadanim rizikom od 10% traži izradu karata sa povratnim periodom zemljotresa od 100 godina i 500 godina. U radu, ukazuje se na propust informacije o povećanju tog rizika ako se ne raspolaže seizmološkim kartama sa povratnim periodom zemljotresa od 50 godina i 200 godina. Kod saobraćajnica ovaj propust je još izraženiji.*
Ukazuje se na potrebu uvažavanja redukcije funkcije objekta (indirektnih štetauzrokovanih zemljotresom) kod savremeno tehničko tehnološko opremljenih objekata. Takođe, ukazuje se da zemljotresni rizik saobraćajnica treba razmatrati i za uslove povećane brzine odvijanja saobraćaja na njima.

Ključne reči: *Zemljotresna regulativa, zamljotresni rizik, zemljotresni hazard, nacionalna zemljotresna preventiva.*

1. UVOD

Prostor na kome se manifestuje rezultat delovanja zemljotresa čine čvrsto povezane tri sredine: **teren – stvorena sredina – društvena sredina**. Sintezni rezultat delovanja zemljotresa na ove tri sredine izražava se u seizmičkim stepenima koji izražavaju jačinu zemljotresa na površini terena. Seizmički rizik prostora delovanja potresa predstavlja sintezu parcijalnih seizmičkih rizika navedenih sredina koji je čine. Zemljotresna regulativa ima za cilj da dovede seizmički rizik na prihvatljiv nivo. Da bi se taj cilj postigao, potrebno je definisati prihvatljiv nivo povredljivosti svake od navedenih parcijalnih sredina i u konačnom definisati sinteznu prihvatljivu povredljivost prostora koga parcijalne sredine čine. Otuda, formiranje zemljotresne regulative traži multidisciplinarni pristup u kome učestvuju npr. specijalisti iz oblasti **geoloških nauka, građevine, urbanizma, prava, ekonomije, politike i drugi.**

Zemljotresna regulativa ima dva aspekta i to proračunski deo kojim se reguliše prihvatljiv **seizmički rizik** (prihvatljiv nivo oštećenja objekta) i deo koji se odnosi na seizmičku opasnost kojim se definiše **seizmički hazard** u odnosu na koji se vrši zemljotresni proračun. Seizmički rizik realizuje se kroz zemljotresni proračun koji definiše proceduru proračuna seizmo otporne konstrukcije, dok se seizmički hazard definiše **seizmološkom kartom**.

Uopšteno govoreći, pojam rizika ima poželjnost ako je oprezan a ako to nije govorimo o rizičnom postupku. Prihvatljiv seizmiki rizik treba da bude neka vrsta opreznog rizika.Sam rizik karakteriše neodređenost, slučajnost i procena opreznosti. Neodređenost se javlja kao posledica našeg nedovoljnog znanja o datoj pojavi, i to dovodi do slučajnosti pojave jer su u sličnim uslovima ona različito pojavljuje. **Treći faktor** je procena opreznosti koju definišu **donosioci odluke** pri čemu donosioci odluke teže da ishod bude povoljan za njih.

Oprezan rizik je poželjan i njime se izbegavaju veliki gubici. Funkcija korisnosti ovakog opreznog rizika ima oblik: $P(a) = 1 - e^{-a}$. Ova formula u teoriji verovatnoće odgovara pojavi retkog događaja bar jedanput. Pomoću funkcije korisnosti može se odlučiti pri kojim uslovima se može rizikovati, a pri kojim ne. Na osnovu iznetog, može se reći da je rizik način delovanja u neodređenim uslovima, koji u konačnom rezultatu vodi preovlađivanju uspeha nad neuspehom. Otuda, seizmički rizik možemo shvatiti kao posledicu nepovoljne seizmičke delatnosti prirodne pojave koju nazivamo zemljotresom. Neki autori pod seizmičkim rizikom podrazumevaju određivanje verovatnoće da se u nekom regionu javi zemljotres određenog intenziteta u toku zadanog vremenskog intervala. Vrlo često, pod seizmičkim rizikom podrazumeva se i verovatnoća ne prevršenja nekog nivoa seizmičke reakcije objekta. Treba istaći, **da je seizmički rizik vezan za objekat** i ako nema objekta na površini pogođenom zemljotresom nema ni seizmičkog rizika.

Uslovno govoreći, sintezni prostor delovanja potresa sastoji se od tačkastih i liniskih objekata.,Liniski objekti obezbeđuju funkcije, kako parcijalnih sredina, tako i funkciju celog sinteznog prostora i mogu se shvatiti kao neka vrsta krvotoka koga zemljotresni uticaj ugrožava na specifičan način.

[1] Slobodan Nedeljković, *Sistem Geo-In, 11000 Beograd, Južni Bulevar broj 38, e-meil: slnedeljkovic@sbb.rs*

Za tačkaste objekte postoji namenska Nacionalna zemljotresna regulativa koju definiše Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (sl.list SFRJ 31/81), i njegove kasnije izmene i dopune navedene u službenim listovima SFRJ broj 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90. U inženjerskoj upotrebi je vrlo često i **Evrokod 8**, EN 1998-1:2004 DGKS. Proračun seizmički otpornih konstrukcija deo 1. Beograd, novembar 2009. g. Oba navedena normativa odnose se na objekate visokogradnje, dok niskogradnja u koje čine liniski objekati, mora za svoje potrebe zemljotresnog proračuna da prilagođava polazišta viskogradnje.

2. SPROVEDENA ANALIZA

Težište našeg rada predstavlja analiza seizmičke opasnosti, odnosno seizmičkog hazarda u odnosu na koju se naslanja procedura zemljotresnog proračuna. Ako se analizira ekonomski aspekt zemljotresne regulative, taj aspekt pokazuje, da razlike u primeni različitih procedura zemljotresnih proračuna nije tako izražen kao u pri razlici primene vrste seizmološke karte koja definiše seizmički hazard. Otuda, seizmološku kartu ne treba shvatiti kao neku vrstu geografske, već kao dokument koji bitno utiče na ekonomiju zemlje, i toj činjenici nedovoljno je posvećena pažnja.

Predstavljanje seizmičke opasnosti za oba postupka vrši se seizmološkom kartom, koja je zasnovana na istoj koncepciji ali je jačina potresa predstavljena na različit način.

Za potrebe Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl.list SFRJ 31/81), 1990. god sačinjena je seizmološka karta koja ima 6 oleata koje se odnose na povratne periode zemljotresa, od 50, 100, 200, 500, 1000 i 10000 godina. Linije na svakoj oleati ograničavaju područja očekivanih maksimalnih intenziteta zemljotresa po skali MSK-1964 za dotični povratni period T u (godinama), sa verovatnoćom od 63%. Stepeni intenziteta se odnose na prosečne karakteristike tla dotične zone.

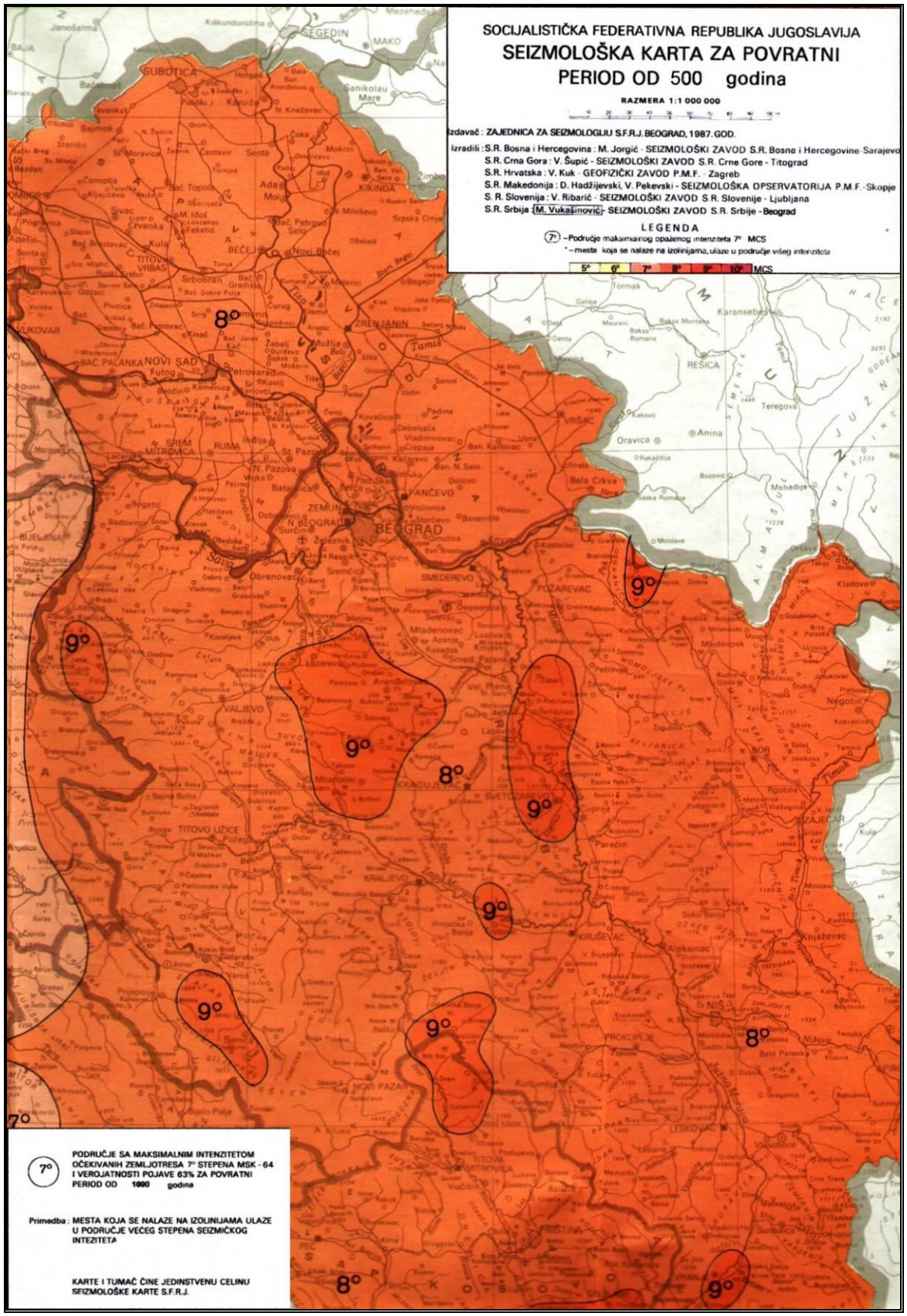
Evrokod 8, EN 1998-1:2004 takođe traži korišćenje seizmološke karte sa povratnim peridima zemljotresa (kod nas je preporuka 100 godina i 500 godina) ali sa jačinom potresa izraženim referentnim maksimalnim ubrzanjem na kategoriji tla tipa A, i ono se obeležava simbolom agr . Za oba povratna perioda zemljotresa (povratni period 100 godina, zahtev „**ograničenih oštećenja**“; povratni period 500 godina, zahtev “**da se objekta ne sruši**”) traži se da seizmički rizik bude na nivou od 10%. Praktično Evrokod 8 traži, da se proračun seizmo otporne konstrukcije izvrši na uticaj dva potresa i to:

- **Za zemljotres umerenog intenziteta** uzima se da postoji velika verovatnoća da se može javiti tokom veka eksploatacije objekta, bar jedanput, i taj stepen oštećenja može se kontrolisati i definisati u fazi projektovanja a **sama oštećenja mogu se lako sanirati**.
- **Za zemljotres maksimalnog intenziteta** uzima se, da postoji mala verovatnoća da se javi tokom veka eksploatacije objekta, ali pri njegovoj pojavi nastaju na objektu teška oštećenja, koja dovode do neupotrebljivosti objekta ali **ne i do njegovog rušenja**.

Nacionalni pravilnik takođe za povratni period 500 godina (zahtev „da se objekta ne sruši“) traži da seizmički rizik bude na nivou od 10%. Korišćenje seizmološke karte, kako prema Nacionalnom pravilniku, tako i u Evrokodu 8, EN 1998-1:2004 zasnovano je na kategorizaciji objekta, što znači da se za sve objekte jednake kategorije traži isti nivo seizmičkog rizika, pri čemu **svi objekti iste kategorije imaju isti vek eksploatacije.** Nacionalni pravilnik i Evrokod 8, EN 1998-1:2004, traže različit način predstavljanja seizmičke opasnosti na seizmološkoj karti. Seizmološka karta za predstavljanje seizmičkog hazarda koju koristi Nacionalni pravilnik (ovaj)**hazard** predstavlja preko seizmičkih stepena. Na slici 1, prikazali smo detalj oleate seizmološke karte Jugoslavije sa povratnim periodom zemljotresa od 500 godina i verovatnoćom dešavanja inteziteta na toj karti od 63%, koji se odnosi na prostor Srbije.

Nivo seizmičke opasnosti osam i devet stepeni seizmičke skale za prostor Srbije, jasno ukazuje da je ekonomska komponenta zemljotresne zaštite vrlo značajna za našu zemlju. Jasno je da kada se koristi informacija sa seizmološke karte 1:1000000, ista mora biti konzervativnog tipa i zato se po potrebi, radi **namenska seizmička mikroregionalizacija** lokacije objekta kojom se u skladu sa povoljnostima redukuje seizmički stepen, koji je naveden na seizmološkoj karti.

Evrokod 8, EN 1998-1:2004 traži, da se na oleatama seizmološke karte sa povratnim peridima zemljotresa od 100 godina i 500 godina, seizmičnost izrazi jačininom potresa referentnim maksimalnim ubrzanjem na kategoriji tla tipa A, koje je označeno simbolom a_{gr}.



Slika 1. *Seizmičnost prostora Srbije na oleati seizmološke karte sa povratnim periodom zemljotresa od 500 godina i verovatnoćom dešavanja inteziteta na njoj od 63%*

Treba istaći, da je u Nacionalnom pravilniku navedeno, da se svi objekti visokogradnje na području S.F.R.J. nalaze se u seizmičkim područjima, **prema seizmološkim kartama S.F.R.J**. izraženim za povratne periode zemljotresa, od 50, 100, 200, 500, 1000 i 10000 godina, koje su sastavni deo ovog pravilnika.Za projektovanje objekata visokogradnje koji su svrstani u **drugu i treću kategoriju** koristi se seizmološka karta S.F.R.J. izrađena za povratni period zemljotresa od 500 godina. Seizmički rizik na pojedinim lokacijama menja se ako se uvaže pomenute oleate, pa se tako isti intezitet (kao) i za 100 godina, javlja i za 50 godina, odnosno isti intezitet koji se javlja i za 500 godina, javlja se i za 200 godina. Na ovaj način, ako ne uvažimo navedenu faktografiju **činimo propust informacije** što direktno utiče na nivo zadanog prihvatljivog rizika.

Treba istaći, da je izražavanje jačina potresa referentnim maksimalnim ubrzanjem na kategoriji tla tipa A, **vrlo nepouzdano i da je više stvar dogovora** (na nivou seizmološke karte), nego konstatovane faktografije na terenu i taj stepen nepouzdanosti treba da ima i kontrolni element. U Eurocod-u ENV 1998. godine, istaknuto je, da ne postoji jedinstvena utvrđena definicija i odgovarajući postupak izvođenja ag na osnovu karakteristika tla. Dalje je navedeno da su seizmička područja definisana seizmološkom kartom, a seizmički stepen sa karte treba da bude preveden, tako da se opisuje preko jednog parametra, odnosno preko vrednosti *ag* efektivnog maksimalnog ubrzanja tla na nivou osnovne stene ili čvrstog tla, koje se zove "**projektno ubrzanje tla**" odnosno (citat): "U opštem slučaju teži se da se ag poklopi sa stvarnim maksimalnim ubrzanjem tla usled zemljotresa sa umerenim do visokim magnitudama i sa srednjim do dugim epicentralnim rastojanjima i karakteriše, u čvrstom tlu, širok i približno ravnomeran frekfentni spektar" (završen citat).

Linijski objekti u koje ubrajamo puteve i druge saobraćajnice, možemo shvatiti kao arterije ali i kapilare stvorene sredine (**sredine koju je stvorio čovek svojm delatnošću**), i oni kao takvi, traže svoju odgovarajuću seizmo otpornost. Oni u svom sastavu pored objekata niskogradnje sadrže i objekate visokogradnje. Objekti visokogradnje koji su u sastavu liniskih objekata imaju pojedinačno, kada su van funkcije liniskog objekta svoju individualnu kategorizaciju ali kada su u funkciji saobraćajnice, treba da dele funkciju saobraćajnice. Prihvatljiv nivo seizmičkog rizika saobraćajnica treba da bude **prihvatljiva redukcija njihove funkcije**, koja je manifestovana **saobraćajnom** i **bezbedonosnom** komponentom.

Za same linijske objekte (osim što su objekti niskogradnje), treba uvažiti i da su različite funkcije, i zemljotresni stepen te redukcije država treba da definiše. Ovu potrebu nameće i činjenica da redukcija funkcije linijskih objekata stvorene sredine(koju čini), direktno utiče na redukciju funkcije objekata viskogradnje.

Treba istaći, s obzirom da su linijski objekti u tesnoj vezi sa terenom, to na njihovu zemljotresnu povredljivost veoma utiče, i **povredljivost terena**. Revitalizacija objekta visokogradnje, veoma se razlikuje od revitalizacija npr. **magistralne saobraćajnice drumskog ili šinskog tipa**. Za saobraćajnicu treba uvažiti i činjenicu da jednom zauzet pravac saobraćajnice ima nekoliko vekova eksploatacije predmetne saobraćajnice. Pri tome, treba imati u vidu, da se npr. kod drumskog tipa saobraćajnice obraća glavna pažnja generalnoj sanaciji kolovoza i polazište je,**da je teren nepromenljiv i da je isti,** kao u vreme početka zauzetog putnog pravca. Litološki on jeste isti,ali ne i po parametrima **inženjesko geoloških i hidrogeoloških svojstva**, koja itekako utiču na njegovu povredljivost čija su manifestacija inženjersko geološke pojave koje ugrožavaju saobraćajnicu.

Inženjerskogeološke pojave su npr. odroni, klizišta, itd. Pri pojavi jakog dinamičkog opterećenja bilo veštačkog tipa ili zemljotresom dolazi do njihovog aktiviranja. Obično se aktiviranje inžinjersko geoloških pojava na trasi liniskih objekata (i njima nastale štete), prihvataju sa dozom prisutnosti više sile bez odgovornosti ljudskog faktora. No, činjenica je, da inženjerskogeološke pojave (odroni, klizišta, otkidanje, sitnih komada terena, ali i blokova), i njihov pad na kolovoz tokom odvijanja saobraćaja na sobraćajnicama, gde su brzine kretanja vozila velike, **nosi brojne opasnosti**. Mogućnost nastanka ovih pojava naročito je izražen u slučajevima zasićenosti terena vodama atmosferilija ali i **događanjem zemljotresa**. Zemljotres može da neposredno aktivira datu pojavu,ili pak, da je pospeši, tako da se ona desi izvesnog vremena posle njegovog događanja. Takođe, treba istaći, da prostor zauzet saobraćajnicom, u novije vreme, biva, sve više naseljavan i drugom podzemnom infrastrukturom, i u budućnosti treba očekivati da će biti sve intezivnija. Ovo su i dodatni razlozi koji idu u prilog potrebe **razlikovanja, veka eksploatacije putnog pravca, od veka eksploatacije saobraćajnice**. Ovo razlikovanje, dodatno argumentuje naše zalaganje o potrebi kontinuirane invetarizacije **ig. pojava i njihovom stalnom monitoringu** na značajnim putnim pravcima, i sa aspekta procene povredljivosti terena u zemljotresnim uslovima, neposredno po dešavanju jakih potresa ali I,**za faze projektovanja i revitalizacije saobraćajnice.**

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Zemljotresni proračun u visokogradnji praktično definiše seizmo otpornost konstruktivnog sistema. Funkcija objekta nije samo vezana za konstruktivni sistem,jer savremeni objekti imaju sve veću tehničko tehnološku opremljenost koja jako puno košta, i otuda prihvatljiv nivo redukcije funkcije objekta za zemljotresne uslove, traži odgovarajuće uvažavanje u oviru zemljotresne regulative.

Seizmološka opasnost za potrebe Evrokoda EC8, mora i treba, biti povezana na odgovarajući način sa seizmološkom kartom prisutnom u Nacionalnom pravilniku.

Liniski objekati niskogradnje trebaju da imaju svoju namensku zemljotresnu regulativu, **koja će uvažiti njihove specifičnosti**.

Literatura:

[1] Stručna dokumentacija Instituta za puteve a.d. iz Beograda

[2] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (sl.list SFRJ 31/81), i njegove kasnije izmene i dopune navedene u službenim listovima SFRJ broj 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90

[3] Evrokod EN 1998-1:2004 Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija. Deo 1. IT.DGKS. Beograd, Novembar 2009 godine

RAZVOJ GEOTEHNIKE U PUTEVIMA SRBIJE (1955 – 2013)

Vladeta Vujanić[1]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com
Milovan Jotić[2]
11000 Beograd, Bulevar Vojvode Mišiča br 43; e-mail: mjotic@hotmail.rs

Rezime: U pogledu praktične primene geotehnike, kod nas u građevinarstvu, glavni podatci i područje njene primene ispoljavaju se, pre svega, sa početkom ubrzane izgradnje savremenih saobraćajnica, još daleke 1935. g. Od tada, pa do danas, geotehnika je imala buran i dinamičan tok razvoja. Kao savremenici, većeg dela tog perioda, autori ovog rada, kroz analizu rešavanja (nekih) određenih geotehničkih problema, a na osnovu svojih, praktičnih iskustava i iskustava drugih kolega, (pre svega, iz Instituta za puteve), daju prikaz razvoja Metodoloških postupaka i načina geotehničkih istraživanja, pri projektovanju i gradnji puteva u Srbiji, u periodu od 1955. god, pa do danas.

Ključne reči: *Problemi, geotehnika, razvoj, gradnja puteva.*

1. UVOD

Opšte je poznato da putne saobraćajnice imaju svojstva koja ih razlikuju od većine ostalih građevinskih objekata. Pre svega, to je njihova neposredna i tesna veza sa geološkom sredinom. Stoga, projektovanje i građenje puteva odražava u tom pogledu određenu specifičnost, najpre, jer su putevi "**linijski**" objekti (velike dužine i relativno male širine), a zatim, što su tla (zemlja) i stene (osnovni) **najčešće, korišćeni materijali pri njihovoj izgradnji**.

Teren na kome se grade linijski objekti, za razliku od ostalih građevinskih objekata, koji se grade na relativno maloj površini, **ima u većini slučajeva izražena različita geotehnička svojstva**, što neposredno utiče na projektna rešenja i tehnologiju građenja.

Zbog toga su geotehnička istraživanja za puteve od izuzetnog značaja, posebno pri izboru optimalnog koridora trase, pri izboru načina i uslova provođenja trase preko nestabilnih i malo nosivih terena, projektovanju i izvođenju složenih objekata na trasi, izboru rešenja, kada su moguće alternative i dr.

Posebna uloga geotehnike je u održavanju pojedinih puteva i putne mreže u celini. Za pravilno planiranje radova na **održavanju i rekonstrukciji**, pri određivanju prioriteta radova koje treba obuhvatiti i dr., organizuju se informacioni sistemi i baze podataka u kojima **geotehnički podaci imaju značajno mesto**. Naime, vrlo često razlozi koji uslovljavaju neophodne intervencije su **geotehnički uslovi**, odnosno pojave klizišta, odrona i drugih nestabilnosti, prodori podzemnih voda u posteljicu ili u tunel (oštećenja konstrukcije), sleganje nasipa, stubova mosta i sl.

Polazeći od toga, da je u geotehnici (kao i, u mnogim drugim naukama), iskustvo, pre svega (i jedino), **glavni način u rešavanju svih problema** u ovom radu dati su (delimični) podaci o **razvoju geološko – geotehničkih istraživanja**, „**geotehnike**“, u opštem smislu značenja kroz rešavanje (nekih) problema, koji su se javljali tokom dosadašnje gradnje puteva u Srbiji, sa kojima su **autori bili upoznati ili su neposredno učestvovali** u njihovom rešavanju, u periodu od 1955. god. do danas.

2. NEKE SPECIFIČNOSTI GEOTEHNIKE, ODNOSNO GEOTEHNIČKOG NŽENJERSTVA, (istorijski razvoj pojmal, značaj, balast ili potreba)

Počeci razvoja **geotehnike**, kao naučno – tehničke discipline, datiraju još od kraja XIX veka (Konkain, Terzaghi, i dr.), koji su proizišli iz kontinuiteta razvoja **mehanike tla**, kao značajne oblasti geotehnike. A, od polovine XX veka, je u svetu, pa i kod nas, ta disciplina, **definitivno prihvaćena**, pod imenom **geotehnika**.

Prema našim saznanjima „termin“ **geotehnika**, prvi je upotrebio Kulon (Charles Augustin de Coulomb, 1783), a osnovni (u ranijoj prošlosti) predstavnik, odnosno teoretski i praktični zagovornik ovog termina bio je Tercagi (Karl von Terzaghi).

[1] Vladeta Vujanić, *11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com*

Dakle, **geotehnika kao multidisciplinarna naučna i stručna oblast**, koja objedinjuje više naučnih disciplina, začeta je krajem XIX, a oblikovana sredinom XX veka, i danas u XXI veku nas, **nadalje pod tim imenom vodi**.

Ona je, takođe, **i interdisciplinarna oblast**, jer je nastala i razvija se u prostoru između prirodnih geoloških nauka, **s jedne strane**, i tehničkih nauka (građevinarstva, rudarstva), urbanizma i dr., **s druge strane**. Ona se danas, s pravom, može smatrati delom **primenjene geologije**, a isto tako i delom **rudarske i građevinske tehnike**.

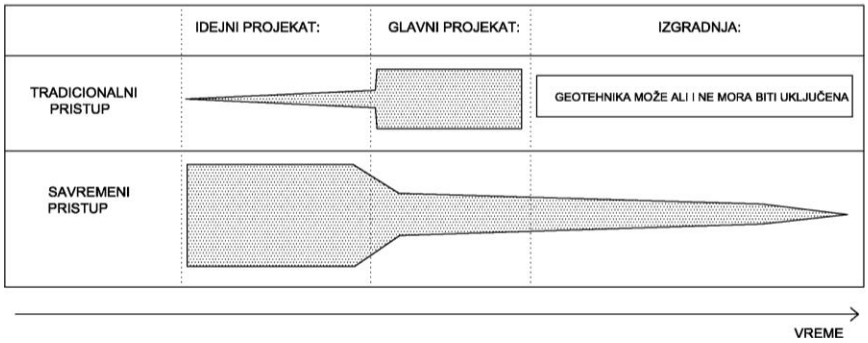
Geotehnička istraživanja, predstavljaju kompleksna istraživanja sastava, svojstva i stanja stenskih masa, odnosno **geološke sredine, pre, za vreme i posle izgradnje objekata**, podrazumevajući prognozu i kontrolu njenog ponašanja u sadejstvu sa objektom (P. Lokin, V. Vujanić i dr.). Ona se, danas, orijentišu na izučavanje, i kvantitativno procenjivanje i vrednovanje, interaktivnih delova između objekata (građevina) i tla (terena), sa ciljem racionalne i ekonomične izgradnje, svih vrsta objekata.

Imajući u vidu, da se u sistemu sadejstva **objekat-teren**, od inženjera koji se bave ovom problematikom, traži sposobnost „**procene**“ stanja pripovršinskih (radno - aktivnih), **slojeva terena** (tj. **tla**), odnosno procena njihovih svojstava i način reagovanja, u cilju racionalnih – tehničkih odgovora, pri projektovanju i građenju objekata, **danas se u svetu ta graditeljska delatnost**, razvila kao grana građevine, pod nazivom „**Geotehničko inženjerstvo**“ koja je, u suštini, usko povezana, sa „**inženjerskom geologijom**“, kao granom geologije, a njihovo zajedničko rešavanje ovih problema, čini oblast „**geotehnike**“, o čemu se (dosta) pisalo u drugim radovima.

U toku svog razvoja, **geotehničko inženjerstvo** je steklo specifične karakteristike **po kojima se razlikuje od ostalih inženjerskih disciplina**. Ova specifična obeležja odnse se na sledeće činjenice:

- U geotehničkom inženjerstvu, središte rada su prirodni materijali, kao što su, **tlo i stene**. Inženjerska svojstva takvih materijala su znatno kompleksnija od proizvodnih materijala, kao što je čelik, i teže ih je okarakterisati. Svojstva tla, mogu se, znatno razlikovati na različitim terenima/gradilištima, ali i na različitim lokacijama unutar istog terena/gradilišta. U tom smislu, veliki deo novca i rada usmeren je na ispitivanje i određivanje osobina materijala na terenu. Za razliku od građevinskih inženjera, koji o svojstvima materijala mogu saznati iz postojećih knjiga, **geotehnički inženjeri** sa svakog terena moraju posebno uzimati uzorke i **testirati ih u laboratoriji**. Da bi se takvi zadaci obavili, geotehnički inženjeri sa ostalim radnicima, veliki deo vremena provode na terenu ili u laboratiriji.
- Realna ekonomska ograničenja utiču na vrstu i obim istražnih radova (bušotina i sl.), koje možemo da izvedemo, kao i broj (obim) laboratorijskih opita. Iz tog razloga, imamo neposredno saznanje o osobinama zanemarljivog dela tla ili stena koje se nalaze ispod ispitivane lokacije. To predstavlja potencijalni izvor pogrešnih zaključaka: Koji su uslovi (pot)površinskih slojeva, **između i izvan bušotina**? Da li uzorci verodostojno prikazuju uslove terena? U kojoj meri se uzorak poremeti prilikom vađenja i prenošenja do laboratorije? Koliki je uticaj ovih poremećaja na merenja inženjerskih svojstava?
- Zbog pravljenja potencijalno velikih grešaka, prilikom određivanja svojstava materijala na gradilištu, koristi se veliki broj inženjerskih procena, prilikom analize podataka **dobijenih sa terena ili iz laboratorije**. Štaviše, naša sposobnost da sprovedemo brojne analize znatno prevazilazi tačnost podataka na kojima su te analize zasnovane. Stoga, su rezultati ovakvih analiza, **često neprecizni**. Iz tog razloga, uglavnom, se koriste veći faktori sigurnosti i veoma oprezne ocene u projektnim rešenjima.
- U većoj meri, se često, oslanjamo na „inženjersku procenu“, koja predstalja kombinaciju iskustva, subjektivnosti, oslanjanja na ranije slučajeve i drugih faktora.
- Takođe, u većoj meri inženjeri geotehnike učestvuju u izgradnji, i često prepravljaju svoje predloge za projekat u slučajevima, kada prilikom izgradnje nailaze na uslove koji se razlikuju od predviđenih.

Zbog (svega) toga, se događa, da su, u mnogim slučajevima, u procesu projektovanja i izgradnje, građevinskih objekata, naročito, u slučaju velikih infrastrukturnih projekata, finalni troškovi izgradnje **znatno veći, od onih koji su predviđeni projektom**. I ako su razlozi za ovo brojni, jedna faza procesa projektovanja i izgradnje, je (često) meta **ozbiljnih preispitivanja**. To su geotehnička istraživanja, koja se, ili uopšte ne izvode, ili su izvedena nedovoljna i neadekvatna, da bi se sa aspekta geotehničkog inženjerstva, moglo odgovoriti, na sve te navedene probleme i specifičnosti, (sl. 1). U prilog tome je i činjenica da je u integralnom sistemu, kojeg čini teren i objekat, prirodna konstrukcija znatno složenija, po svom sastavu, stanju i svojstvima. Zato, na pouzdanost prognoze interakcije, daleko veći (ili bar isti), uticaj ima tačno definisanje, prirodne konstrukcije, što je upravo, i razlog da poznavanje te sredine čini, suštinski osnov sigurnog i racionalnog projektovanja i izgradnje objekata.



Slika 1. *Različite koncepcije u pristupu geotehničkim istraživanjima*

2.1. Moguće posledice nedostataka geotehničkog istraživanja

U okviru namenske studije koja je sprovedena u Velikoj Britaniji pre nekoliko godina vršena je analiza troškova koji su ostvareni tokom izgradnje pojedinih objekata. Uvidom u projektnu dokumentaciju izvedenih objekata u okviru studije o geotehničkim istraživanjima zaključeno je da je pri izvođenju objekata u vrednosti 40 miliona £, na geotehnička istraživanja utrošeno oko 150.000 £, što predstavlja 0,004% ukupno ugovorene sume za navedene objekte. Imajući u vidu preporučene vrednosti utroška sredstava za geotehnička istraživanja koje iznose oko 1-3 % (Clayton, 2005.) lako je ustanoviti potencijal za velike propuste. Daljom analizom navedene projektne dokumentacije zaključuje se da je blizu 60% izvođača imalo teškoća u realizaciji projekata uglavnom zbog nedovoljne istraženosti terena, što je uzrokovalo znatna kašnjenja, veliko poskupljenja radova i negativan imidž pojedinih kompanija u javnosti.

Da se ovako nešto nebi dešavalo u praksi, s obzirom na značaj **geotehnike** u procesu planiranja, projektovanja i izgradnje **svakog objekta**, geotehnička istraživanja treba, obavezno, da prethode svakoj fazi – nivou planiranja i projektnih aktivnosti, odnosno oni čine (sastavni) deo tehničke dokumentacije. A izvode se po programu (metodologija, vrsta i obim), u zavisnosti od projektantskih ciljeva i zadataka, složenosti problema koje treba rešiti, kategorije i ranga objekta, faze – nivoa projektovanja i dr. – uz poštovanje **osnovnih principa istraživanja**: postupnosti, potpunosti, ravnomernosti i ekonomičnosti.

Nažalost, u prošlosti pa i danas, ovakvi metodološki postupci i principi, se nisu (uvek) dosledno poštovali, i uvažavali na širem našem prostoru, pa i u svetu, iz raznih (evulativnih, tehničkih, političkih, ekonomskih i dr.) razloga, što se može (jedan deo toga, kad je putarstvo u pitanju), **sagledati u prikazu ovog rada**



Slika 2. *Alternativna rešenja sidrenja u zavisnosti od lične procene*
(prema stripu u brošuri Rudarskog instituta Australije)

3. ISTORIJAT RAZVOJA GEOTEHNIKE U PUTARSTVU SRBIJE

Iako je, prva **geomehanička laboratorija** za potrebe radova na putevima kod nas formirana, još 1936/37.g., pri II sekciji dela međunarodnog puta, u Novom Sadu, čiji rad je bio skromnog obima i ograničen samo na područje sekcije, **pravi početak razvoja geomehanike**, **odnosno geotehnike**, u Srbiji biće od polovine XX veka, pa nadalje, što će se ovde ilustrovano prikazati.

3.1. U periodu od 1955. – 1962. god.

U našoj zemlji izgrađeno je i modernizovano više saobraćajnica. U ovom periodu izveden je, uglavnom, veći deo jedne od najznačajnijih saobraćajnica „Bratstvo - Jedinstvo“, osim deonica: Beograd – Kolari, zatim prolaz kroz Beograd i nekih manjih deonica u SR Makedoniji. U SR Srbiji, izgrađan je, još jedan po važnosti značajan put – Ibarski put.

To je period kad nisu vršene studije trasa i izrada idejnih projekta.

Pre pristupanja izradi **glavnih građevinskih projekata**, predstavnici investitora (Direkcija puteva NRS) i predstavnici projektanta vršili su komisijske preglede terena služeći se generalštabnim kartama (1:50.000), na kojima su ucrtavane trase sa eventualnim varijantama.

Na osnovu izvršenog izbora trase, sastavljan je zapisnik koji je služio kao osnova za izradu **investicionog programa**. Po odobrenju programa, **pristupalo se ugovaranju izrade glavnih projekata**. Projektantska organizacija stupala bi, tada (uglavnom) u kontakt sa Institutom za ispitivanje materijala u cilju prikupljanja **inženjerskogeoloških** i **geotehničkih podataka**. Često se dešavalo, zbog hitnosti poslova, da se građevinski projekti **završe pre geotehničkih podloga**, te su se, one koristile, tek prilikom izvršenja građevinskih radova.

Kod izrade geotehničkih podloga, metodologija istraživanja sastojala se od: **rekognosciranja terena, kopanja istražnih jama, istražnog bušenja i laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika tla, odnosno materijala za gradnju puteva**.

Istražno bušenje (skromnog obima) je, uglavnom, vršeno na lokacijama mostova, tunela, aktivnih klizišta i močvarnih delova terena. Na ostalim delovima trase, istraživanja su vršena, kopanjem jama dubine 2,0-2,5 m.

Nivo geotehničkih podloga, **zavisio je od nivoa znanja i kvalifikacije istraživača**. To je period, kad su kod nas, **počela masovnija** "geomehanička" ispitivanja. Tadašnji istraživači, su se, mahom bavili ispitivanjem fizičko-mehaničkih svojstava materijala u zoni linijskog objekta u cilju dimenzionisanja kolovozne konstrukcije, **bez sagledavanja opšte stabilnosti trupa puta u širem smislu**.

Ovakav pristup u većini slučajeva uzrokovao je da se u fazi istraživanja terena, **put nije posmatrao kao veštački objekat** na koga utiču prirodni uslovi terena (tj. među sadejstvo), **bilo nasipanjem, zasecanjem ili izgradnjom objekta** (mostova i tunela).

Tek u fazi izvođenja građevinskih radova **otkrivani su mnogi problemi**, koji su otežavali rad istraživačima, a često i na duže vreme zaustavljali radove, uz sve to, **znatno poskupljujući izgradnju**.

Kao primer, navešćemo probleme koji su se javili na delu autoputa „Bratstvo – Jedinstvo“, kroz Beograd i na delu od Beograda do Kolara.

U tadašnjim geomehaničkim podlogama provođenja trase autoputa kroz Beograd, zbog nedovoljne prethodne proučenosti **inženjerskogeoloških uslova terena** i nekorišćenja postojećeg fonda podataka o saznanjima na ovom terenu, istraživači su prevideli dva velika klizišta: klizište kod „**Veterinarskog fakulteta**“ u čiji nožični deo se usecao autoput, i klizište kod servisa „**Lasta**“, gde je put projektovan u nasipu. U fazi izvođenja građevinskih radova aktivirana su oba klizišta, što je uticalo na duže zaustavljanje radova i istovremeno na znatnije poskupljenje izgradnje autoputa na ovoj deonici. Treba istaći, da se klizište kod "Laste" dugo godina saniralo, **bez većih trajnih efekata**. U fazi izgradnje nove trake autoputa izvršeno je premošćavanje ovog dela terena, **te je na taj način prevaziđen problem**.

Deonica autoputa od Beograda do Kolara projektovana je većim delom u zaseku, preko pretežno nožičnih delova labilnih padina, što je u fazi izvođenja izazvalo mnoge nevolje. Na delu useka kod Kolara, klizište koje je bilo većih razmera uslovilo **je izradu devijacije autoputa u dužini od oko 500 m**.

Isti problemi su se javili i u fazi građenja Ibarske magistrale. Veliki broj aktiviranih klizišta i odrona, te srušenih nasipa, sanirano je u toku izvođenja građevinskih radova ili u prvim danima eksploatacije puta.

3.2. U periodu od 1962. - 1977. GOD.,

Nadalje počinju da se rade **prethodne studije** za autoputeve, magistralne puteve, sa izradom idejnih projekata.

Po izboru najpogodnije varijante pristupalo se izradi glavnih projekata **i uporedo izradi inženjerskogeoloških** (geotehničkih) **podoga**. Nivo ovih istraživanja se ne menja u odnosu na ranija istraživanja. U metodologiji istraživanja daje se prvenstvo **istražnim jamama**, dubine 2,0 - 2,5 m. Istražna bušenja se vrše, uglavnom, na izdvojenim delovima terena za specijalno projektovanje (u usecima i zasecima). Uvode se terenski opiti ispitivanja „in city“ (penetraciono sondiranje, krilna sonda i dr.), za ispitivanje otporno-deformabilnih svojstava.

To je period, kada su preduzeća za puteve formirana od bivših sekcija za puteve, **postala investitori**, kod održavanja rekonstrukcije i izgradnje puteva.

U ovom periodu **dešavalo se, da se na nekim putnim pravcima, uopšte, ne vrše prethodna** (inženjerskogeološka, odnosno geotehnička) **istraživanja**.

Jedan od primera nedovoljnog uvažavanja inženjerskogeoloških i geotehničkih uslova terena, je izgrađeni put od Novog Pazara do Ribarića. Put je građen, više od 10 godina, a ceo je projektovan na padini paleozojskih (flišolokih) škriljaca (argilošisti, argilofiliti i dr.), **koji su jako ubrani, izuvijani, polomljeni i duboko, nepravilno raspadnuti**.

U fazi gradnje, na najvećem delu deonice aktivirana su brojna klizišta, čija sanacija je zahtevala ogromna **nepredviđena sredstva**. Na ovoj saobraćajnici se, **i danas, posle njenog puštanja u saobraćaj vrše stalne sanacije aktivnih klizišta, da bi se, preko njih, omogućilo bezbedno odvijanje saobraćaja**.

Bilo je i primera gde su terenski istražni radovi, za nivo glavnog građevinskog projekta na terenima sa složenom inženjerskogeološkom građom, takođe, vršeni samo pomoću istražnih jama (dubine 2,0 - 2,5 m). Bušenja su vršena (u skromnom obimu), samo na lokacijama objekata (mostova, nadvožnjaka i tunela).

Kao primer, navešćemo Jadransku magistralu kroz AP Kosovo. U fazi građenja akti- virana su brojna klizišta, a zbog nepoštovanja **hidrološko - hidrogeoloških uslova** terena, rušili su se, izvedeni nasipi, jer su, na prirodnim uvalama sa povremenim tokovima **predstavljali veštačke brane** (barijere).

Kvalitet inženjerskogeoloških, odnosno geotehničkih podloga, **često je bio uslovljen nivoom stručnosti investitora, kao naručioca i izvođača istražnih radova**.

U prilog tome, navodimo projektovanje autoputa „Bratstvo – Jedinstvo“, kroz APV i dalje, kroz SR Srbiju:

- Za drugu traku autoputa "Bratstvo – Jedinstvo" kroz AP Vojvodinu, inženjerskogeološke podloge su rađene u tri faze, i to:
  - za pred idejni projekat – (faza studije i izrada projektnog zadatka),
  - za nivo idejnog projekta,
  - za glavni građevinski projekat

Kod izvođenja građevinskih radova **na prvoj deonici autoputa kroz Vojvodinu** nepredviđenih geotehničkih problema nije bilo. Što se i očekivalo.

- Za drugu traku autoputa "Bratstvo – Jedinstvo" kroz Srbiju bez pokrajina, rađene su geotehničke podloge u **fazi izrade glavnog građevinskog projekta, a osnovni cilj im je bio, pre svega, da se utvrde uslovi dimenzionisanja kolovozne konstrukcije,** i definisanje materijala za izgradnju puta.

Istraživanja su vršena kopanjem jama dubine 2,0-2,5 m, po osovini druge trake autoputa uz kompletno usmereno laboratorijsko ispitivanje. U toku građenja **pojavili su se mnogi nepredviđeni problemi**, pre svega, kolovozna konstrukcija je u potpunosti bila izmenjena, **jer nije bila prilagođena uslovima terena**. Brojna klizišta, kao što su: **Begaljica, Kolari, Bračin, Ražanj** i dr. nepredviđeno su morala da se saniraju, a takođe je, bio nerešen problem izgradnje trupa autoputa, u dolinskim delovima, na malo nosivom tlu.

Kod objekata, kao što su **Smederevska i Požarevačka petlja**, pomerene su njihove lokacije, jer su delovi tih objekata (sa silaznim kracima u zaseku), bili projektovani u nožičnim delovima **dubokog klizišta**, teškog za uspešnu sanaciju.

Kasnija, **detaljna geotehnička istraživanja** na pojedinim problematičnim mestima duž navedene saobraćajnice, kao i za potrebe izgradnje pratećih objekata na njoj, **postavljali su rešavanje problema na prvo mesto**. Na žalost, ta istraživanja su se (po pravilu), često izvodila u fazi glavnog projekta i u toku građenja (a ne i u ranijim fazama – nivoima projektovanja).

4. NOVIJA ISKUSTVA O GEOTEHNIČKIM ISTRAŽIVANjIMA, PERIOD OD 1977. DO 1990. GODINE

U to vreme znatno se više poklanja pažnja geotehniškim istraživanjima (**mada, još nedovoljno**), pri izgradnji savremenih saobraćajnica na teritoriji SR Srbije, kao i na području grada Beograda, što ćemo ilustrovati sledećim primerima:

Kod projektovanja autoputa Beograd – Obrenovac (Savska magistrala), istražni radovi su vršeni po deonicama, u fazi idejnog projektovanja, **bez celokupnog sagledavanja inženjerskogeoloških uslova izgradnje saobraćajnice na celoj dužini**. Bez obzira na izvesne probleme, pomenuti autoput je izgrađen do Umke. Međutim, dalje projektovanje i izgradnja ove saobraćajnice skopčana je sa izuzetnim teškoćama, zato što, deonica savremenog puta od Umke do Bariča, prolazi (kroz Umku i Duboko), preko labilnih i nestabilnih delova terena, sa izraženim dubokim procesom klizanja. Ta saznanja su konstatovana najnovijim detaljnim geotehničkim istraživanjima, obavljenim tokom 1979/80, a potvrđena kasnije istraživanjima 1990/91 godine, što svakako upućuje na činjenicu da, kod ovakvih terenskih uslova, **treba, uvek, sagledavati kompleksno celokupnu problematiku, na celoj dužini** (planirane saobraćajnice), **a ne parcijalno**.

Značajno je napomenuti, da se tada u fazi prvih sagledavanja potrebe i mogućnosti izgradnje nove Ibarske magistrale, često nazivane studijom o vezi SR Srbije i Crne Gore sa Jadranom, **uporedno vrše i studijska razmatranja inženjerskogeoloških uslova**, koja će pružiti globalne podatke **o varijantnim rešenjima** projektovanja i izgradnje, ove saobraćajnice. Sličan postupak se sprovodi i kod projektovanja saobraćajnica u području Đerdapa.

Na teritoriji grada Beograda uslovi izgradnje saobraćajnica analiziraju, se još u toku izrade DUP-a. Već kod nivoa UP-a, inženjerskogeološki (geotehnički) uslovi izgradnje saobraćajnica se analiziraju **u sadejstvu sa okolnim terenom i izgrađenim objektima na njemu**, zatim u sadejstvu sa objektima postojeće infrastrukture (vodovod i kanalizacija), kao i drugim pratećim objektima, podzemnim prolazima, nadvožnjacima itd.

U metodologiji istraživanja, zastupljeni su: **inženjerskogeološko kartiranje terena šireg područja, istražno bušenje, istražne jame, pijezometarsko osmatranje nivoa podzemnih voda, penetraciona sondiranja, seizmička ispitivanja, i drugi opiti „in city“,** zatim **laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika** tla, i materijala za izgradnju i dr.

Ovakav pristup, **već je**, ukazao na **prve pozitivne rezultate**, kao što se vidi iz sledećih primera:

- Prema DUP-u saobraćajnica T-8 u Zemunu, treba da se na jednom delu (oko 500 m) useca u tlo 10-12 m, od toga 4-5 m ispod nivoa podzemne vode, a jednim delom da ide visokim nasipima, od oko 6 m.

Izvršena inženjerskogeološka istraživanja na širem prostoru su ukazala na to, da bi ovako projektovana saobraćajnica, ukoliko bi se izgradila, **bila uzročnik mnogih nedaća** na ovom terenu, **od kojih je značajno napomenuti sledeće**:

- Na lesnom platou Zemuna u zoni useka **moralo bi, da se izvede** spuštanje nivoa podzemnih voda za oko 4-5 m, što bi moglo vrlo negativno da se odrazi na **susedne objekte visokogradnje**, usled izmene hidrogeološkog režima podzemne vode u lesu (sa svim posledicama), **povećavajući vertikalne deformacije tla** (sleganja, odnosno pojavu „prosadke“) **ispod njih**.
- Izgradnja nasipa od 6 m, takođe bi prouzrokovala izmenu hidrogeološkog režima u lesu pored drugih nepovoljnosti, **koje bi nastale izgradnjom ovakvog objekta u naseljenim delovima terena**.

Na bazi navedenih saznanja, **predložena je izmena DUP-a u smislu izdizanja – prilagođavanje nivelete saobraćajnice inženjerskogeološkim uslovima terena ili da se odustane od gradnje ove saobraćajnice, s tim što bi se saobraćaj usmerio na saobraćajnicu T-6**.

Pored ovih primera, svakako, **postoji i niz drugih**, koje nismo naveli, gde su geotehnička istraživanja, **obavljena u pravo vreme**, i **na pravi način**, ukazala na racionalna rešenja kod pojedinih problema. To prirodno ilustruje značaj i mesto inženjerskogeoloških (geotehničkih) istraživanja kod projektovanja i izgradnje saobraćajnica, naročito ako se izvode **u najranijim**, fazama građevinskog planiranja projektovanja.

5. SAVREMENA GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANjA DANAS

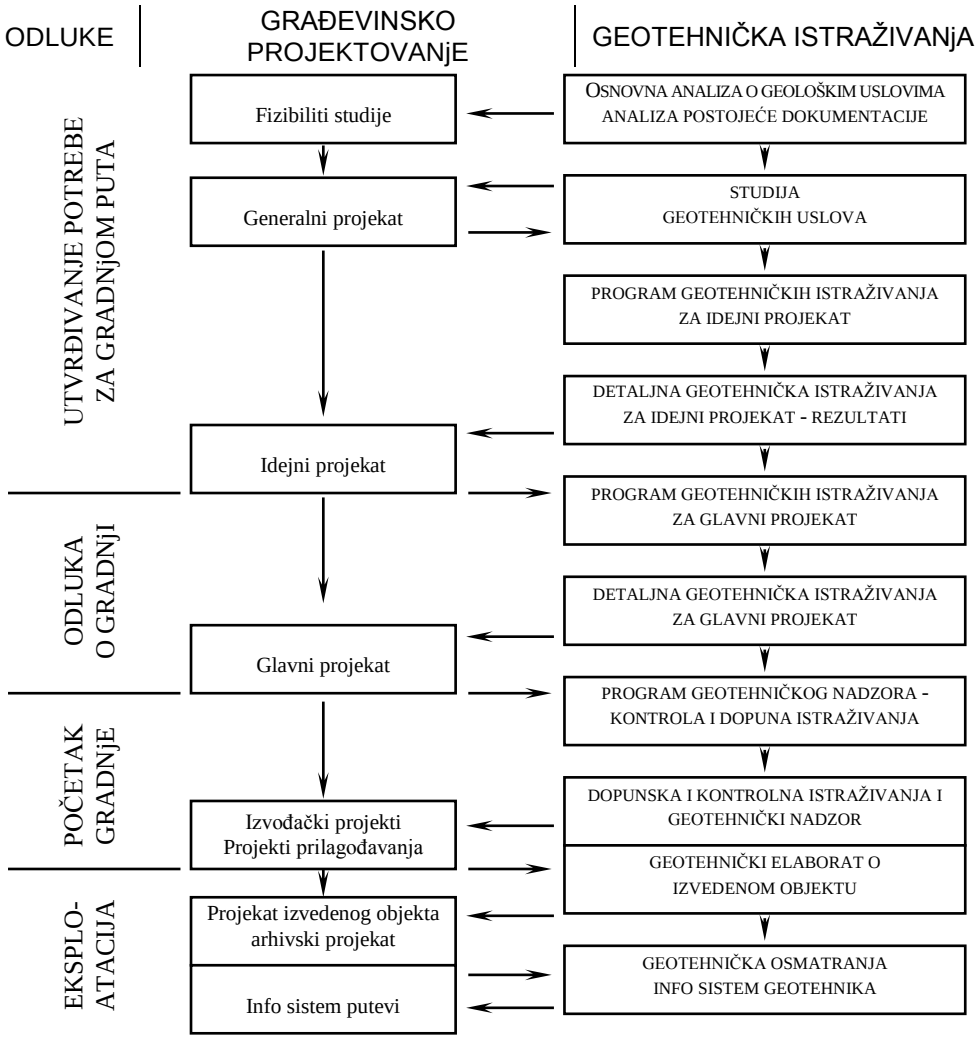
U novije vreme, krajem **osamdesetih** i početkom **devedesetih** godina, **a naročito danas, posle 2000. god**, geotehnička istraživanja za puteve u skaldu sa važećim zakonskim i tehničkim propisima, pa i savremenom praksom, **postaju integralni deo planskih i projektantskih aktivnosti**. Pri tome, **svakom nivou** planiranja, projektovanja i izgradnje, prethode odgovarajuće **geotehničke studije, detaljna istraživanja ili osmatranja**.

Odnos geotehničkih istraživanja, prema aktivnostima planiranja i projektovanja, u većini slučajeva, **izgledao bi**, kao na slici 3.

Istraživanja po navedenoj shemi redosleda aktivnosti i odlučivanja, u suštini, obezbeđuju dosledno poštovanje **osnovnih principa geotehničkih istraživanja**. To su principi: **postupnosti, potpunosti, ravnomernosti i ekonomičnosti istraživanja**, koji prate **osnovne ciljeve i zadatke**, iterativnog postupka planiranja i projektovanja.

Jer, se samo na taj način, umesto parcijalnih odgovora na određena pitanja, može dati jedinstven odgovor, **zapravo** završna sinteza (formirana) na zajedničkim osnovama, (uz odgovarajuće, različite metode rada), odnosno pruži celovit uvid u sadejstvo objekta i terena (u fazi građenja i tokom eksploatacije), obezbeđujući, istovremeno sigurnost i racionalnost, traženog rešenja.

Drugim rečima, geotehnika ovako postavljena, između ostalog, **odražava znanje i veštinu inženjera**, da svestrano priđe rešavanju **sprege objekta i terena**, vodeći računa o očuvanju, odnosno zaštiti prirodne sredine. Od te sprege, najčešće zavise izbor i konstruktivne karakteristike, samog putnog (i drugog) objekta.



Slika 3. *Odnos geotehničkih istraživanja prema aktivnostima planiranja i projektovanja*

To je period, koji karakteriše značajna aktivnost planiranja, projektovanja, pa i gradnje savremenih putnih saobraćajnica u našoj zemlji (tipa autoputeva), povezanih tj. uključenih u Evropsku mrežu (E puteva); kao što su E-70, E-75, E-80 (**kraci koridora 10**), E-761, E-763 (Beograd - Južni Jadran), E-771, i dr. Takođe, u ovom periodu se vrši projektovanje i izvođenje rehabilitacije postojeće putne R i M mreže u Srbiji, gde geotehnika sa **prethodnim informacijama o terenu, detaljnim istraživanjima i ispitivanjima i kontrolom kvaliteta, ostvarenog pri gradnji, te** (uopšte) **pouzdanošću geotehničkih podataka, ima značajnu** - **bitnu ulogu**.

Sve te aktivnosti, uglavnom se finansiraju, i sprovode sa dosta uspeha, preko Repub- ličke direkcije za puteve (danas, JP „Puevi Srbije“), odnosno (danas) Koridora Srbije. U okviru geotehničkih istraživanja za puteve, zavisno od **lokalnih geoloških uslova**, (koji su čak, i za jedan putni pravac, po pravilu, vrlo raznovrsni), **primenjuju se danas, savremeni brojni postupci i metode** istraživanja. Kako su isti, najvećim delom standardizovani, **to ćemo ih ovde** (globalno) **prikazati kroz dole tabelarni pregled.**

Tabela 1. *vrste radova koji se sprovode u različitim fazama istraživanja (a, b, c, obim i značaj radova u pojedinim fazama)*

METODE ISTRAŽIVANJA		**FAZE (NIVOI) PROJEKTOVANjA**				
KABINETSKE ANALIZE		**GnP**	**IdP**	**GlP**	**IzvP**	**Expl.**
1	Analiza raspoložive dokumentacije (geološka, inženjerskogeološka, geofizička, hidrogeološka, seizmološka, geotehnička, geodetska, projektna).	a				
2	Daljinska detekcija – *analiza aviosnimaka* – *analiza satelitskih snimaka*	a	b			
3	Kompleksna geomorfološka analiza – *kvantitativna analiza reljefa* – *kvalitativna analiza*		a			
4	Metode inženjerske seizmologije – *seizmogeološka ispitivanja šireg područja* – *seizmička ispitivanja lokacije i geodinamički model interakcije*	a		a		
TERENSKA ISTRAŽIVANJA						
5	Geološko kartiranje (šire područje)	a	b			
6	Inženjerskogeološko kartiranje lokacije		a	b		
7	Detaljno inženjerskogeološko kartiranje iskopa				a	
8	Metode geofizike – *seizmika* * refrakciona * plitka reflektivna – *geoelektrika* * sondiranje - kartiranje * skeniranje – *karotaž bušotina* – *geomagnetska ispitivanja* – *georadarska ispitivanja*		 a a a	 b a b b	 b b	 a
9	Istražno bušenje – *ispitivanje jezgra* – *ispitivanja u bušotinama*		a	b	c	
10	Istražni iskopi – *plitki* – *duboki*		a	b a	 b	
11	Penetraciona ispitivanja – *SPT* – *statička penetracija*		a	b		
12	Ispitivanja filtracionih svojstava i stanja podz. voda – *opiti nalivanja* – *opiti upumpavanja pod pritiskom* – *opiti crpenja* – *osmatranje režima podzemnih voda*		 a a	 b b	 c c	 d
13	Ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava i naponskih stanja u stenskim masama – *opiti deformabilnosti - presiometri - opiti mehaničkih čvrsto}a* – *kontrola zbijenosti nasipa* – *specijalna ispitivanja u tunelima*		 a a	 b b	 a a	 b

LABORATORIJSKA ISPITIVANjA		GnP	IdP	GlP	IzvP	Expl.
14	Fundamentalna geološka ispitivanja (mineraloška, petrološka, sedimentološka, paleontološka)		a			
15	Ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stena i tla – *klasifikacione karakteristike tla* – *prirodna stanja tla* – *mehaničke čvrsto}e* – *deformacione karakteristike* – *karakteristike tla kao građevinskog materijala*		a	b	c	
16	Hemijska ispitivanja podzemnih voda			a	b	
17	Modelskaispitivanja i računske analize – *fizički modeli* – *matematički modeli-računske analize* – *geostatičke* – *geodinamičke* – *hidrodinamičke*		a	b	c	
IZRADA GEOTEHNIČKE DOKUMENTACIJE						
18	PROJEKAT ISTRAŽIVANjA		x	x	x	x
19	STUDIJA GEOTEHNIČKIH USLOVA	x				
20	GEOTEHNIČKI ELABORAT		x	x	x	x

Po ovim principima i metodama rada, **manje – više, se danas u praksi i radi**, kad su u pitanju M i R putevi, odnosno putevi I i II reda. Za primenu i razvoj današnje savremene geotehnike, pored drugih institucija iz naše zemlje, veliku, a bitnu ulogu u tome **je imao i ima** danas, Institut za puteve, a.d. iz Beograda.

Kad su u pitanju postupci kontrole kvaliteta, činjenica je, da kod nas, do sada primenjivane (uobičajene - klasične) metode kontrole kvaliteta, **sve manje odgovaraju sadašnjoj brzini i tehnologiji visoko-mehanizovanog građenja puteva.** U poslednje vreme čine se napori, **da se uvedu brze i savremene**, a dovoljno tačne metode ispitivanja i kontrole (zbijenosti, vlažnosti, modula deformacije, itd.) kvaliteta, koje su u saglasnosti sa Evropskim i svetskim normama i standardima, prilagođene savremenoj (aktuelnoj) praksoi.

Nažalost, i ako se danas **geotehnička istraživanja i ispitivanja** vrše na savremenim principima i metodama, mora se **istaći da ništa od ovoga kod nas, još nije, detaljnije i preciznije regulisano u zakonskim i nomativnim propisima**, nego je prepušteno pojedincu, istraživaču, projektantu ili pak investitoru, da radi prema svom nahođenju (volji) i shvatanju o **potrebi za ovim radovima**.

ZAKLjUČAK

Prikazani istorijski razvoj geotehnike i njene primene u putarstvu u Srbiji, od 1955.g., do danas, **ilustruje buran i dinamičan njegov tok**, koji se odvijao u izuzetno teškim i složenim, uslovima privrednog i tehničkog razvoja naše zemlje, **ali su se, ipak**, u praksi, brzo usvajala i primenjivala savremena tehnička (rešenja) dostignuća razvijenih zemalja.

To znači, da su kod nas (u prošlosti) **postojali**, i **danas postoje takvi** stručni **potencijali**, koji sa svojim znanjem (zavisno od potrebe i materijalnih sredstava), mogu geotehnička istraživanja obavljati po principima i metodama, na nivou potencijala, daleko (bogatijih) razvijenih zemalja. Zato je neophodno, što pre, ovu materiju (odnosno mesto, značaj i ulogu) geotehničkih istraživanja, uopšte, **u građevinarstvu**, a posebno **u putarstvu**, adekvatno zakonski i normativno urediti, **a ujedno je harmonizovati sa Evropskim EN normama i propisima**, što se u novije vreme i čine pokušaji, kroz izradu **smernica**, odnosno **priručnika** za projektovanje puteva u Srbiji.

Literatura:

[1] *Problematika inženjerskogeoloških istraživanja za potrebe projektovanja i gradnje puteva u Jugoslaviji* /J. Šutić/, Zbornik 5 Jugoslovenskog simpozijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, Beograd, (1978).
[2] *Neka iskustva i razvoj metodologije inženjerskogeoloških istraživanja za potreba projektovanja saobraćajnica*, /N.Livada, V. Vujanić/, Zbornik radova XI Kongres SDPJ, Opatija (1982).
[3] *Metodologija projektovanja i izvođenja geotehničkih istraživanaj za potrebe planiranja, projektovanja i građenja puteva – Studija I faza*, /P. Lokin, V. Vujanić/, Republička direkcija za puteve, Beograd (1996).
[4] *Definicije osnovnih pojmova koje se najčešće primenjuju kod geološko-geotehni- čkih istraživanja za potrebe planiranja, projektovanja izgradnje i eksploatacije objekata*, V. Vujanić, časopis Instituta za puteve 26/97., str 63-71.
[5] *Geotehnička istraživanja u putnom inženjerstvu*, /P. Lokin, V. Vujanić, Lj. Rokić/, Simpozijum Savremene tendencije u putnom inženjerstvu, Zbornik radova, Beograd, (91-106).
[6] *Geotechnical Investigations in Road Engineering,* /V. Vujanić, P. Lokin, LJ. Rokić/, 6. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož 2002., Zbornik referatov, pag. 185-191.
[7] *Šta se danas u svetu smatra pod pojmom geotehničkog inženjerstva,* /V. Vujanić/ VII Međunarodni naučno – stručni skup „Savremena teorija i praksa u građevinarstvu, Banja Luka, (181-192), (2011).
[8] *Geotehnička istraživanja terena - balast ili potreba,* /S. Milenković, V. Vujanić, B. Jelisavac, S. Milosavljević/, Zbornik radova 4. naučno – stručnog savetovanja „Geotehnički aspekti građevinarstva“, Zlatibor, (2011).
[9] *Zbornik radova DGEITS-a, Komitet za IG i GT, sa XIV Simpozijuma iz inženjerske geologije i geotehnike, Beograd (2012)*
[10] *Dokumentacija Instituta za puteve, a.d.*

GEODINAMIČKI PROCESI NA KOSINAMA AUTOPUTA E-80 OD PROSEKA DO CRVENE REKE

Vladan Vlajković[1], Željko Žugić[2], Sandra Milosavljević[3], Miodrag Pisarević[4]
[1-4] Institut za puteve ad Beograd, geotehnika@beotel.rs

Rezime: Prostorni položaj Autoputa E-80 od Proseka do Crvene Reke i složena morfološka i geološka građa terena su uslovile formiranje visokih zaseka duž cele trase puta. Projektovane su kosine strmog nagiba u kontinuitetu visinski, uz ograničenje u vidu uzanog pojasa ekspropiacije. Tokom izvođenja kosina došlo je do aktiviranja čitavog niza nestabilnosti duž istih. Dinamika procesa je različita u zavisnosti od lokaliteta, ispoljava se na svojstven način u vidu nastanka, veličine i oblika u geološkim različitim sredinama. Generalno nestabilnosti koje se ispoljavaju u vidu školjkanja (klizišta), osipanja i odronjavanja možemo podeliti na kosine izvedene u nekoheretnim glinovito-peskovito-šljunkovitim, koheretnim glinovito-prašinastim i čvrstim stenskim masama.

Ključne reči: autoput, kosine, izvođenje, klizišta, odroni

1. UVOD

Tokom Izgradnje autoputa E-80, na deonici od Proseka do Crvene Reke km:18+125-km:40+650, vršena su obimna zasecanja strmih prirodnih padina nad dolinama reka: Kunovačke, Draguše i Crvene Reke severoistočno od Suve Planine. Zasecanje je vršno u geološki različitim sredinama i u složenim hidrogeološkim uslovima na terenu. Obzirom na dužinu puta, iskop se vrši skoro u svim sredinama koje su zastupljene na terenu, od kvartarnih i neogenih sedimenata do krednih i permskih naslaga koje čine osnovnu građu terena. Prema Glavnom projektu su predviđene kosine strmog nagiba u kontinuitetu do vrha zaseka. Tokom iskopa došlo je do aktiviranja više nestabilnosti koje se ispoljavaju u vidu osipanja, odronjavanja i pojave klizišta, kako na samom početku formiranja kosine (približno na 1/3 od ukupne visine) tako i nakon izvesnog vremena po konačno formiranoj kosini. Na osnovu dopunskih geotehničkih istraživanja u ovom radu je dat prikaz nestabilnosti na kosinama zaseka, raščlanjene po bitnim svojstvima, genezi i dinamici, sa prikazom projektovanih mera sanacija, od kojih su neke već izvedene.

2. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Osnovnu građu terena čine sedimenti permske starosti: glinci, alevroliti i peščari (karakteristični po crvenoj boji). Ovi sedimenti su, usled burne geološke prošlosti, tektonski intezivno izrasedani i izlomljeni sa debelom korom raspadanja, koja iznosi i više desetine metara. Kredni i trijaski krečnjaci čine vršne delove terena. Put mestimično, na kratkim potezima, pre tunela (Lot 1), prolazi kroz ove stenske mase. Uglavnom granica kontakta krečnjaka i permskih naslaga je iznad ili prati niveletu autoputa. Karakteristika za ove navedene sredine je izražena linijska erozija u vidu dubokih jaruga, koje su predisponirane položajem tektonskih razloma.

Neogeni sedimenti se nalaze u slivu Crvene Reke, predstavljeni klastičnim peskovito-šljunkovito-drobinskim materijalom na površini terena; debljina sloja više desetina metara zatim glinama i laporima koji sa rastom dubine postepeno prelaze u laporce i laporovite krečnjake.

Kvartar čine različite litogenetske sredine: glinovito-drobinski deluvijalni nananosi, rečne terase, aluvijalni i proluvijalni depoziti dva rečna sliva i vododelnica iznad tunela Bancarevo.

3. NESTABILNOSTI NA KOSINAMA ZASEKA

Generalno posmatrano nestabilnosti koje se ispoljavaju na kosinama u vidu osipanja, odronjavanja i kliženja, možemo podeliti prema vrsti dominatne geološke građe izvedene kosine: nekoheretni glinovito-peskovito-šljunkoviti sedimenti, koheretni glinovito-prašinasti sedimenti i čvrste stenske mase.

3.1. Nestabilnosti u čvrstim stenskim masama

Velika ispucalost i oštećenost stenske mase sa pretežno debelom korom raspadanja su osnovni preduslovi koji u sadejstvu sa podzemnom procednom vodom dovodi do pojava nestabilnosti na formiranim kosinama zaseka. Dodatnim istražnim radovima je utvrđeno da je debljina oštećenosti i raspadnutosti stenske mase

[1] Vladan Vlajković: geotehnika@beotel.rs

daleko veća od procena datih u Glavnom projektu. Veći deo iskopa će se izvoditi eluvijalno-deluvijalnoj raspadini. Kosine iz Glavnog projekta, u čvrstim stenskim masama, su strmog nagiba 3:1 u krečnjacima do 1:1,5 (zona svežije, manje oštećene stenske mase) i 1:1 (oštećenoj i raspadnutoj stenskoj masi) u alevrolitima i peščarima. Kosine se izvode u jednom nagibu do vrha zaseka. Prilikom formiranja ovih strmih kosina došlo je do osipanja, odronjavanja pa i formiranja kliznih tela, osipanjem odnosno otkidanjem nejednakih blokova duž predisponiranih pukotinskih diskontinuiteta, slike 1 i 2.



Slika 1. Odron na 24km (Lot 1)



Slika 2. Klizište na 26km (Lot 1)

Nakon sveukupnog sagledavanja prethodnih i dodatnih istražnih radova, definisani su geotehnički uslovi u terenu koji u pogledu merodavnih fizičko-mehaničkih parametara ne odstupaju ili su približne vrednostima koji su date u Glavnom projektu. Analizirani su novi geotehnički modeli terena gde je ''čvrsta'' stenska masa predstavljena sa debelom korom raspadanja (eluvijalno-deluvijalna raspadina). Geostatičkim analizama je ustanovljeno da predložena geometrija kosina, ne ispunjava propisani faktor stabilnosti (Fs≥1.4).

U cilju povećanja stabilnosti kosina predložene su sledeće sanacione mere: ublaženja nagiba kosina uz izradu bermi sa adekvatnom zaštitom od površinskih voda, ugradnja ankera po potrebi, postavljanje zaštitnih putarskih mreža, postavljanje zaštitnih barijera, izrada drenažnih kanala radi odvodnjavanja kosina, kao i ugradnja sub-horizontalnih cevastih drenaža ''barbakana''.

3.2. Nestabilnosti na kontaktu dve sredine

Nestabilnosti koje su se pojavile na delimično izvedenim kosinama zaseka (iskop izveden do 1/3 ukupne visine) je na kontaktu permskih naslaga (glinaca, alevrolita, peščara) u podini i trijaskih i krednih krečnjaka u povlati. U zoni kontakta stenska masa je intezivno ispucala, izmenjena i raspadnuta i pretvorena u prašinasto-peskovitu masu. Obzirom da su krečnjaci raspadnuti i vodonosni na kontaktu sa manje propusnim do vodonepropusnim glinovitim i prašinastim naslagama ispod, javljaju se značajne količine podzemnih procednih voda. Procedne vode kvase i natapaju grusiranu stensku masu i glavni su uzročnik pojave nestabilnosti.

Formirana su klizna tela različite veličine sa izraženim čeonim odsekom, visine 2-4m, slike 3 i 4. Prosečna debljina pokrenute mase je 3-5m. Tela klizišta su izdeljena brojnim sekundarnim ožiljcima i pukotinama u

[1] Vladan Vlajković: geotehnika@beotel.rs

blokove različitog oblika i dimenzija. Dodatnim vlaženjem i natapanjem pokrenute mase, može doći do širenja klizišta kako u uzbrdnom čeonom delu tako i bočno.

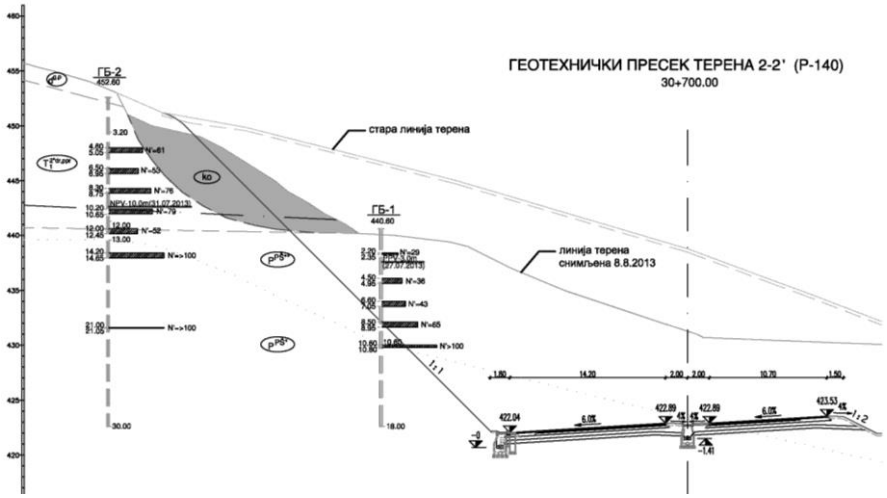
Projektovane kosine su nagiba 1:1. Činjenica je da takve kosine nisu stabilne te su neophodne mere sanacija u vidu adekvatnog: dreniranja terena (sistem otvorenih kanala i drenaža, ugradnjom sub-horizontalnih cevastih drenaža), ublažavnjem nagiba kosina uz izradu bermi sa adekvatnom zaštitom od površinskih voda, ugradnjom ankera po potrebi, postavljanjem zaštitnih putarskih mreža i zaštitnih barijera.



Slika 3. Klizište na km: 30+700 (Lot 2)



Slika 4. Klizište na km: 34+400 (Lot 2)



Slika 5. Geotehnički presek klizišta na km: 30+700 (Lot 2)

3.3. Nestabilnosti u nekoheretnim materijalima

Nestabilnosti u vidu manjih i većih školjkanja izvedenih kosina zaseka su karakteristične za koheretne materijale, prašinasto-peskovito-šljunkovite sedimente sa drobinom peščara i krečnjaka u masi. Hidrogeološki složene sredine sa nepravilnim i čestim pojavama procednih voda iz zaleđa, sa stalnim i povremenim nivoima podzemnih voda koje sezonski značajno osciliraju. Na 37km (Lot 2), u čeonom delu klizišta, nalazi se izvor male izdašnosti koji konstantno natapa i zasićuje telo klizišta.

U ovim materijalima, nestabilnosti se mogu javiti bilo gde na kosini zaseka u zavisnost gde se javlja podzemna procedna voda. Tako da imamo klizna tela koja su zahvatila celu kosinu zaseka ili su se pojavila manja školjkanja pri vrhu ili u nožici.

Formirana klizna tela imaju izražene čeone i bočne odseke, visine više metara (5-6m, klizište na 36km, slika br. 6). Nožice klizišta su takođe izražene, promenljive debljine par i više metara. Prosečna debljina pokrenute mase je 3-5m. Tela klizišta su izdeljena brojnim sekundarnim ožiljcima i zjapećim pukotinama. Kretanje masa se vrši po polukružnoj kliznoj površini. Tela klizišta su delimično ili većim delom vodozasićena.

[1] Vladan Vlajković: geotehnika@beotel.rs



Slika 6. Klizište na km: 36+600 (Lot 2)

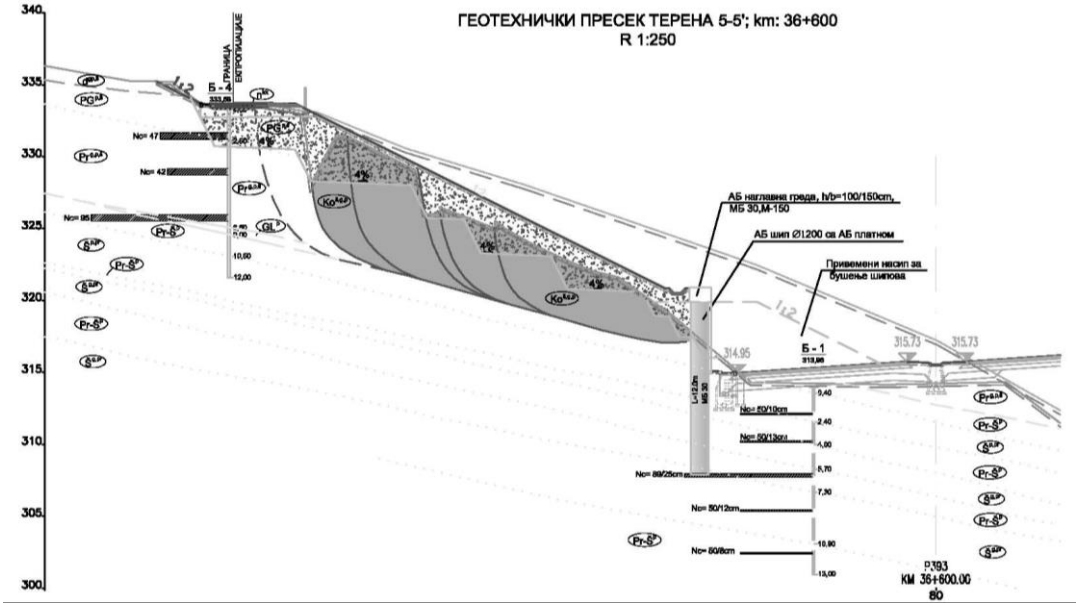
Kosine su izvedene u nagibu 1:1.5, što je strm nagib obzirom da se radi o nekoheretnom materijalu sa značajnim količinama pozemnih procednih voda. Činjenica je da su takve kosine nestabilne i da ih je neophodno ublažiti na nagib do 1:2. Adekvatnim sistemima otvorenih kanala, drenaža, drenažnih bušotina i bunara oboriti nivo podzemnih voda i smanjiti njihov uticaj. Izvedene kosine treba zašititi od erozije odgovarajućim zaštitnim mrežama. Veće zaseke izvoditi sa bermama sa adekvatnom zaštitom od površinskih voda.

4. PROJEKTOVANA REŠENJA ZA SANACIJU KLIZIŠTA I STABILIZACIJU KOSINA

Projektna rešenja i vrste sanacija nestabilnih kosina su prevashodno prilagođene geološkoj građi terena, veličini, genezi i aktivnosti procesa na padini. Projektna rešenja treba da omoguće stabilnost i sigurnost puta tokom perioda eksploatacije.

Projektna rešenja i sanacije klizišta u nekoheretnim prašinasto-peskovito-šljunkovitim materijalima i prašinasto-peskovitoj drobini se obično odnose na primenu potpornih konstukcija, vidu AB zidova ili AB šipova, u nožici zaseka. Iznad potpornih konstrukcija se formiraju kosine, nagiba ≤1:2. Berme, širine 2.5-3m, se primenjuju na dužim kosinama. Berme se zaštićuju tanjim slojem betona ili asfalta.

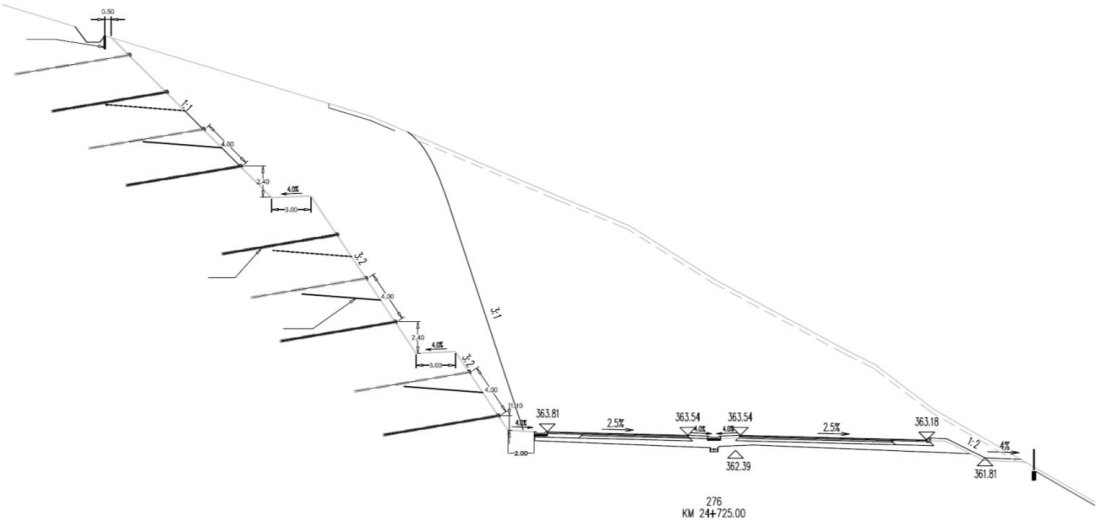
Na slici 7 je prikazana sabilizacija klizišta na 36km. Projektno rešenje se zasniva na potpornoj konstrukciji, visine H=5m, od AB šipova, prečnika ∅1200mm. Dužina pojedinačnog šipa je 12m. Iznad šipova se formira kosina, nagiba 1:2, uz adekvatno zbijanje i stepeničasto zasecanje padine.



Slika 7. Geotehnički presek terena sa projektnim rešenjem sanacije klizišta na km: 36+600 (Lot 2)

[1] Vladan Vlajković: geotehnika@beotel.rs

Na slici 8 je dat tipičan poprečni presek stabilizacije kosine, u čvrstim stenskim masama sa debelom korom raspadanja, koji obuhvata: ublažavanje nagiba kosine, ugradnju pasivnih ankera, izradu bermi i barbakana. Projektovana dužina ankera je 6-12m, prečnika 25mm sa rasterom 2x2m do 4x4m u zavisnosti od nagiba i visine kosine kao i kavaliteta stenske mase. Dužina drenažnih cevi je 6m, postavljaju se pod nagibom od 10^0, niz padinu.



Slika 8. Tipičan poprečni presek stabilizacionih mera kosine u čvrstim stenskim masama

Za zaštitu kosina od erozije postavljaju se 3D Fortrac geomreže koje u kombinaciji sa biotorkretom daju konačni izgled kosine. Na slikama 9 i 10 su prikazane mere za stabilizaciju kosine u fazi izvođenja.



Slika 9. Izvedena zaštita kosine na 24 km

U sadašnjoj fazi izvođenja radova i preprojektovanja rešenja iz originalnog projekta, deonica od Bancareva do Crvene Reke (Lot 2), je većim delom dodatno istražena, izuzev delova oko tunela ''Bancarevo'' i kosina na 34km. Projekti sanacije nisu pratili geotehničke izveštaje koji su urađeni za više nestabilnih kosina. Na veći broj nestabilnih kosina mogu se primeniti projektna rešenja koja su primenjena na prethodnoj deonici puta (Lot 1). Rešenja se prevashodno odnose na kosine u čvrstim i raspadnutim stenskim masama (glincima, alevrolitima i peščarima): ublažavanje nagiba kosina, ugradnja pasivnih ankera, izrada bermi i barbakana.

Za kosine koje su izvedene u koheretnim materijalima prašinasto-peskovitim-šljunkovima i drobini postoji više varijanti rešenja. Najjednostavnije rešenje, koje je lako primenjivo kod manjih nestabilnih kosina, je ublažavanje nagiba kosina uz adekvatnu zaštitu kosina od erozije. Ublažavanjem nagiba kosina bi se izašlo iz pojasa ekspropiacije. Kod viših kosina rešenja su kombinacije potpornih konstrukcija sa ublažavanjem nagiba kosina (slično projektnom rešenju na km: 36+600), ugradnja pasivnih ankera i barbakana. Između 36km i 37km se razmatra i mogućnost podizanja nivelete, čime bi se smanjila visina zasecanja.

[1] Vladan Vlajković: geotehnika@beotel.rs



Slika 10. Izvedena zaštita kosine na 25 km

5. ZAKLJUČAK

Pojave nestabilnosti na kosinama zaseka, usled nepredviđenih geoloških i hidrogeoloških uslova u terenu, su posledice nedovoljne istraženosti terena u prethodnim fazama istraživanja (Idejni i Glavni projekat). Potreba za dodatnim istražnim radovima i projektnim rešenjima sanacionih radova u fazi izgradnje puta nam ukazuje na neophodnost izrade projekata sanacije - Izvođački projekti odnosno projekti izvedenog stanja.

Najveće nepoznanice su kosine formirane u čvrstim stenskim masama, koje usled dejstva reoloških faktora, stenske mase gube svoja primarna fizičko-mehanička svojstva i sklona su raspadanju.

Davanje adekvatnog rešenja zaštite kosina ili sanacije klizišta, bilo da se radi o glinovito-peskovito-šljunkovitim sedimentima, koherentnim glinovito-prašinastim sedimentima ili čvrstim stenskim masama, je urađeno na osnovu originalnih projektih rešenja, uz određene modifikacije, prema lokalnim uslovima na terenu.

Modifikacije projekta i izvedene mere stabilizacije su imale za cilj rešenje koje će zadovoljiti propisane faktore sigurnosti i biti sigurno i održivo tokom perioda eksploatacije autoputa E-80.

Literatura

[1] Glavni projekat Autoput E-80 Niš(Prosek)-Dimitrovgrad(Granica Bugarske); Deonica 1. Prosek-Bancarevo km:18+125.17 - km:27+550.00; Knjiga 1.2.1/3 Inženjerskogeološki i geotehnički uslovi; Sveska 1. Geotehnički uslovi izgradnje trase autoputa, Institut za Puteve AD Beograd 2009.

[2] Glavni projekat Autoput E-80 Niš(Prosek)-Dimitrovgrad(Granica Bugarske); Deonica 2. Bancarevo-Crvena Reka km:27+550.00 - km:40+650.00; Knjiga 2.2.1/3 Inženjerskogeološki i geotehnički uslovi; Sveska 1. Geotehnički uslovi izgradnje trase autoputa, Institut za Puteve AD Beograd 2009.

[3] Glavni projekat modifikacije izvođenja useka C4L km: 25+300.00 do km:25+950.00, Institut za Puteve AD Beograd 2014.

[4] Glavni projekat modifikacije izvođenja useka C1L km: 24+625.00 do km:24+800.00, Institut za Puteve AD Beograd 2014.

[1] Vladan Vlajković: geotehnika@beotel.rs

PROŠIRENJE HOLANDSKOG AUTOPUTA A76 IZNAD POSTOJEĆE KOSINE NASIPA VERTIKALNO NASLAGANIM EPS-BLOKOVIMA

Milan Duškov[1]
[1] *InfraDelft B.V.*

Rezime: *Rad govori o proširenju autoputa A76 (na jugu Holandije) sa vertikalno naslaganim EPS-blokovima (EPS=Expanded PolyStyrene foam=stiropor). Proširenje je u dužini od 60 m izmedju dva nadvožnjaka reailzovano u leto 2012 kao inženjerski presedan u Holandiji. Gornja strana EPS-blokova leži 4 m iznad postojeće kosine nasipa. Kompleksnost situacije povećava da je postojeći nasip autoputa poduprt sa potpornim zidom, a ispod svega leži veliki gasovod. Autoput preseca naime na toj lokaciji hemijsko-industrijsku zonu. Projekat je jedinstven u holandskoj inženjerskoj praksi po geometriji poprečnog preseka. Saobraćajno opterećenje je preko 8.500 teških teretnih vozila dnevno plus putnička vozila. Da bi se osvedočili autoriteti u stabilnost projektnog rešenja uradjena je i parametarska analiza. Najvažnije je bilo dokazati da je trenje izmedju EPS-blokova dovoljno tako da potpora sa strane nije potrebna. U tom smislu su odlučujuće bile sledeće karakteristike EPS-a kao konstruktivnog materijala: a) dovoljan koeficient trenja izmedju blokova, b) mala specifična težina (25 kg/m³) i c) nizak Poasonov koeficient. Zahvaljujući ovim karakteristikama je ovakvo elegantno projektno rešenje bilo izvodljivo u opisanim kompleksnim okolnostima i pored značajnog intenziteta saobraćaja. U Srbiju bi se ovako ekonomično mogli proširivati putevi na kosinama klizišta bez remećenja ravnoteže.*

Ključne reči: *lakotežeći nasipi, EPS-blokovi, putno proširenje, klizišta*

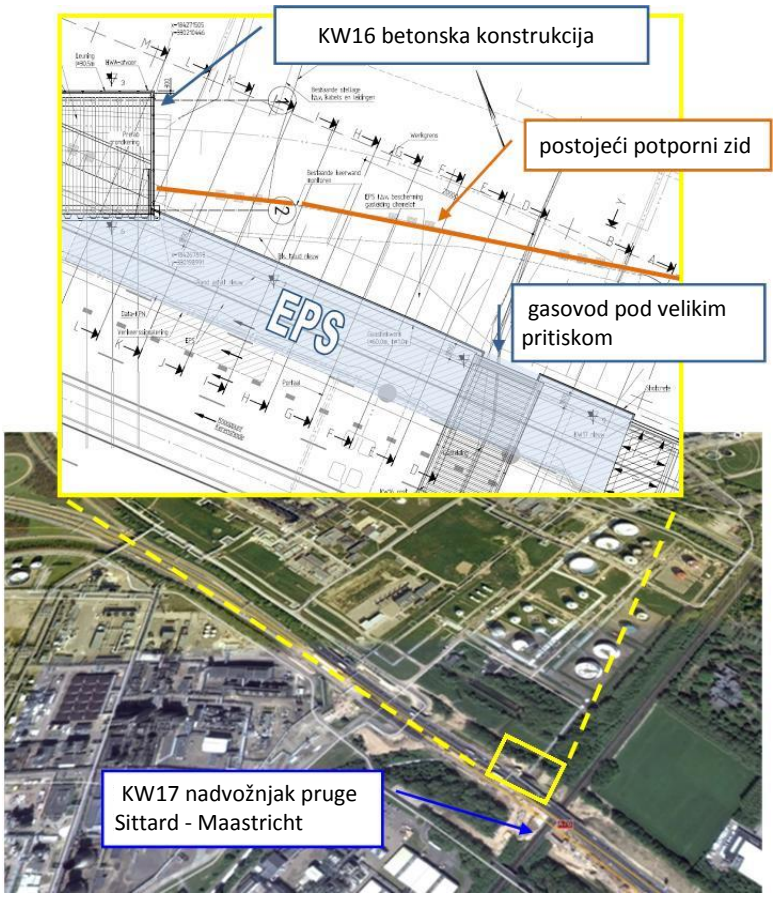
1. UVOD

Da kompleksan projektni zadatak može na kraju dovesti do izuzetnog rezultata ilustruje realizijacija proširenje autoputa A76 kod raskrsnice Kerensheide (u provinciji Limburg na jugu Holandije). Dotično proširenje autoputa A76 sa trećom voznom trakom je sredinom 2012 pušteno u sabraćaj. Gradjevinsko preduzeće Heijmans je prošinje deonice pored hemijskog industrijskog terena Chemelot moralo ostvariti na postojećem nasipu. Izmedju dva nadvožnjaka na dužini od 60 m taj nasip je već bio skraćen i poduprt sa potpornim zidom. Mesta za prosirenje sa 2x2 na 2x3 trake tu znači nije bilo, ono se morali ingeniozno kreirati. Osim toga se ispod dotičnog nasipa nalazi veiki gasovod pod pritiskom koji se nije smeo dodatno opteretiti. Konvencionalno rešenje sa fundiranjem poširenja na pobijenim (ankiranim) čeličnim profilima nije bilo je moguće zbog pomenutog gasovoda. Primenjivo rešenje moralo je zauzimati minimalan prostor i nije smelo mnogo težiti zbog očuvanja stabilnosti postojećeg nasipa i uticaja na gasovod. Realizovano projektno rešenje sa vetikalno naslaganim EPS-blokovima ispunjava te uslove plus je vreme gradjenja redukovano i ukupni troškovi smanjeni zbog optimalizovane količine ugradjenog lakotežećeg materijala.

U inženjerskoj praksi je realizacija i široka upotreba noviteta često tek moguća često moguća je kad konvencionalne metodologije projektovanja ne mogu ponuditi rešenje za konkretne situacije. Tek tada stručnjaci dobijaju priliku za primenu postojeće ali manje ukorenjene inženjerske ekpertize u putnim rešenjima. S druge strane jednom uspešno realizovano inovativno projektno rešenja u holandskoj infrastrukturi često se brzo primenjuje u narednim slučajevima. Na osnovu reference proširenja autoputa A76 je sledeći (u drugom prilogu kongresa opisan) projekat sa lakotežeće tramvajske i putne nasipe kod autoputa A4 već u decembru 2013. završen. U tom slučaju su EPS-blokovi slagani vertikalno sa obe strane.

2. SITUACIJA

Za planirano proširenje autoputa A76 između postojećeg betoniranog prolaza za gasovodne cevi (KW16) i novog nadvožnjaka preko preko pruge Sitard – Mastricht (KW17) nedostajao je prostor da bi se kosinom uobičajenog nagiba povezali na postojeći potporni zid. Slika 1. ilustruje situaciju. Zbog postojećeg potpornog zida i prisutnog gasovoda se pobijanje čeličnih šipova za fundiranje poširenja ispostavilo nemogućim. Eventualno rušenje postojećeg potpornog zida bi bilo rizično za gasovod i industrijsku podzemnu infrastrukturu pa time dovelo u opasnost poslovne procese kompleksa Chemelot. Jedino rešenje su omogućile lake konstrukcije koje zauzimaju minimalno prostora. Pored toga proširenje relevantne deonice autoputa se morala realizovati u kratkom roku od šest meseci.



Slika 1. *Satelitska slika autoputa A76 kod raskrsnice Kerensheide sa A2 situacije sa istaknutom 60 m dugačkom deonicom gde je proširenje realizovano lakotežećim nasipom sa EPS-blokovima*

3. PROJEKAT PROŠIRENJA AUTOPUTA

3.1. Stabilnost nasipa sa skraćenom kosinom

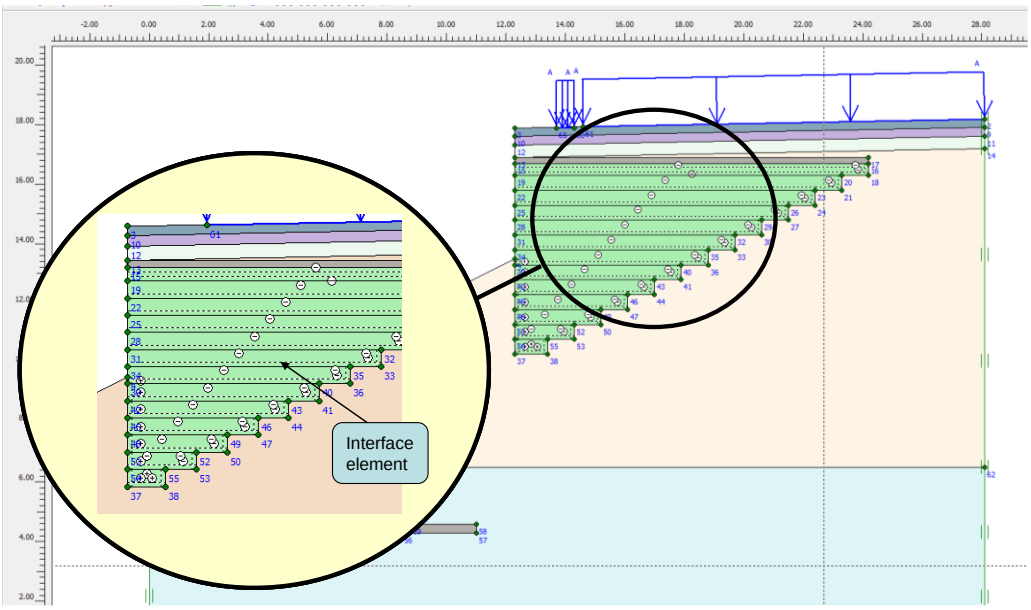
Visinska kota deonice autoputa A76 je NAP +79,5 m (toliko iznad nivoa mora), a tlo ispod nasipa je na oko NAP +66,5 m. Istraživanja su sprovedena sodiranjima, uzimanjem uzoraka i laboratorijskim testovima. Prirodni slojevi su od peska i ilovače. Podzemna voda je nadjena 20 m ispod nivoa terena.

Za razmatranja stabilnosti EPS-paketa i kolovozne konstrukcije su dve kontrole sprovodene. Proračunima su kontrolisane potencijal nastajanja ravni klizanja direkto ispod EPS-paketa kao i dublje ravni ispod postojećeg popornog zida . Dokazano je sa pogramima MSrab I Plaxis da je bezbednost garantovana prema propisima uključujući i uticaj saobraćajnog opterećenja. Naravno je u tome odlučujuća uloga EPS-blokova od ekspandiranog polistirena (Expanded PolyStyrene) koji zbog zapreminske težine od samo 25 kg/m³ omogućavaju drastičnu redukciju totalne težine takvog nasipa. S druge strane EPS ima relativno malu čvrstoću tj. modulus elastičnosti od ≤ 10 MPa. U tom smislu su potrebni adekvatna kolovozna konstrukcija za dovoljnu distribuciju i redukciju napona od saobraćajnih opterećenja.

3.2. Lakotežeće prorišrenje autoputa sa vertikalnom stranom

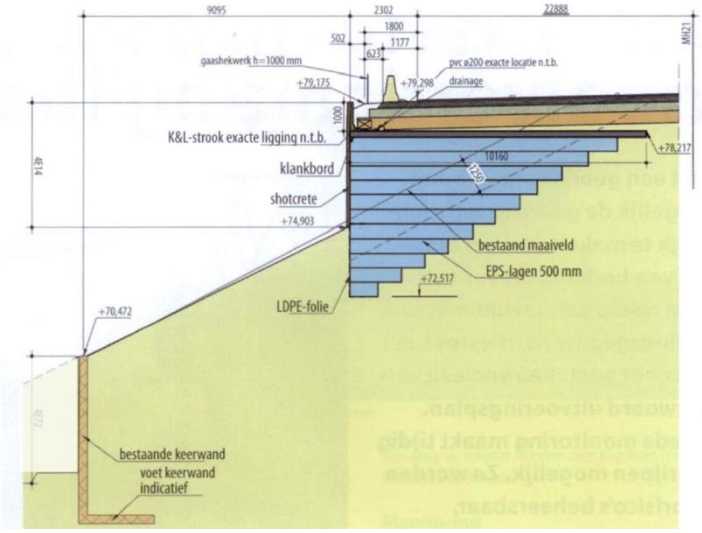
U cilju ipsunjenja navedenih složenih graničnih uslova je prvi put u Holandiji proširenje autoputa realizovano sa vertikalno naslaganim EPS-blokovima sa vertikalnom stranom. Metodologija dizajna za takvu nasipnu konstrukciju je u velikoj meri zasnovano na istraživanjima iz 1997 [3] i višestruko dokazano u uporedivim (ali ne istovetnim) konstrukcijma u Japanu i Americi. Jedan od relativno zapostavljenih aspekata u inženjerskoj praksi je preuzimanje i distribucija horizontalnih napona trenjem između EPS blokova u različitim slojevima. Da bi se nadležna agencija ministarstva saobraćaja osvedočila u dugotrajnost ovog projektnog rešenja je spovedena detaljna paramentarska analiza. Stabilnost je analizirana za različite koeficiente trenja. Relativno niske vrednosti E-moldulusa (otežavajuče) i Poasonovog koeficienta (olakšavajuće i različite strukture EPS-

paketa su modelovane. Primer modela sa programom konačnih elemenata Plaxis je ilustrovan na slici 2. Vidljivi su i implementirani interface-elementi.



Slika 2. *Plaksis model preseka sa vidljivim interface-elementima između EPS slojeva za kontrolu efekte trenja na konstruktivno ponašanje autoputa A76*

Vertikalna strana proširenja autoputa A76 pokazuje da takvi lakotežeći nasipi bez bočne potpore se mogu realizovati . Bočne naponi izazvani sopstvenom težinom i saobraćajnog opterećenja mogu biti distriburati bez nedozvoljenih deformacija sa trenjem između EPS-blokova/slojeva. Pri tome igraju važnu ulogu određena materijalna svojstva EPS-a. Prvo, Poisonov koeficient je EPS-a je 0.1, tako da vertikalno opterećenje će rezultirati samo u malu horizontalnu komponentu. Drugo, niska zapreminska masa EPS (15-35 kg m³) omogućila je minimalnu težinu i opterećenje i pored ukupne visine od 6,5 metara,. Krajnji rezultat je vidljiv u slikama 3 i 4.



Slika 3.

Karakteristični poprečni presek proširenje autoputa A76 sa EPS-paket 2,5 m ispod i do 4 m iznad linije nagiba kosine skraćenog nasip poduprtuim sa postojećim potpornim zidom

Početak polaganje EPS-blokova 2 m ispod linije nagiba kosine je obezbedilo smanjenje dodatnog opterećenja na postojeći potporni zid. Tako je primenjena ravnotežna konstrukcija praktično bez dodatnog opterećenja uprkos proširenju autoputa. To je veoma korisno za očuvanje stabilnosti kosine nasipa.



Slika 4. *Proširenje autoputa A76 sa još nepokrivenim vertikalnom stranom EPS-blokova; EPS-paket je do 4 m iznad linije nagiba kosine nasipa; skraćeni nasip je poduprt sa postojećim potpornim zidom; vidljivi novi betonski zid ima samo zaštitnu funkciju za EPS-blokove kod kalamiteta na hemijsko-industrijskom terenu Chemelot*

3.3. Uštede i prednosti projektne metodologije

Nasipna konstrukcija za proširenje autoputa A76 košta manje direktno (zbog manje EPS-blokova i manje eksproprijacije zemljišta), teži manje i ima kraće vreme izgradnje. Zato što su nepotrebne kosine kao što je ilustrovano na slici 4, očigledna su postignuta poboljšanja metodologije projektovanja. Pored pomenutog nema dodatnih opterećenja na podzemne infrastrukture direktno duž trase. Jedino se zahteva potrebna stručnost kod dimensioniranja nasipa i kolovoznih konstrukcija.



Slika 5. Konstruktivo nepotrebne potporne kosine nasipa od EPS-blokken (primer regionalnog puta N207)

3. ZAKLJUČAK

Pokazalo se da je moguće izgraditi proširenje (auto)puta koristeći EPS blokova sa vertikalnom stranom. Kao rezultat toga proširenje je moglo biti realizovano bez povećanja opterećenja terena ili ugrožavanja stabilnosti kosine nasipa. Suština resenja je da lakotezivi EPS-blokovi posediju dovoljan koeficient trenja pa je bočna potpora praktično nepotreba. Ovo je pokazano parametarskom analizom za reprezentativne scenarije autoputa sa intenzivnim saobraćajem.

Referenca je već doprinela oprimalizaciji projektne metodologije u kasnije gradjenim infrastrukturnim nasipima. Realizivane lakotežeće nasipne konstrukcije sa vertikalnom stranom na kosinama ili obe vertikalne strane na stišljivim terenima su ekonimične (zbog uštede na EPS-blokovima i smanjene ukupne širine nasipa), sužavaju potreban gradjevinski prostor (važno za bliske postojeće/planirane objekte), skraćuju vreme izgradnje, eliminišu sleganje uzduž nasipa i optrećenje eventualnih podzemnih cevovoda i/ili kablova. Jedino šta primenjena savremena metodologija zahteva je spečifična ekpertiza kod dimenzionisanja. Za sve relevantne scenarije mora se dokazati da samo trenje izmedju EPS-blokova garantuje dovoljnu dugotrajnost nasipa.

Metoda je u Srbiji direktno primenjiva na nestabilnim kosinama kao uzročno rešenje umesto dosadašnjih skoro isključivo simptomskih mera (usmerenih na posledice umesto na uzrok nestabilnosti).

Zahvala

André Plagmeijer i Martin den Uil su doprineli da se opisana inovativna projektna metodologija realizuje. Dr. Xuean Liu je pomogao svojom eksertizom modelovanja interface-elemenata. Njima autor duguje zahvalnost.

Literatura

[1] Duškov, M.; Plagmeijer, A.P.M.; den Uil, M.J.; 2013. Lichtgewicht snelwegverbreding met verticale zijkant van A76 op ingekort talud met keerwand, Geokunst/Geotechniek 2: 54-56.
[2] Duškov, M.; Plagmeijer, A.P.M.; den Uil, M.J.; 2012. Lichtgewicht wegverbreiding met verticale zijkant, Land + Water 12: 34-35.
[3] Duškov, M. 1997. *EPS as Light-Weight Sub-base material in Pavement Structures.* Delft Technical University, Holandija. 251 p.

TRAMVAJSKI I PUTNI NASIPI (SA VERTIKALNIM BOČNIM STRANAMA) OD EPS-BLOKOVA KOD NADZEMNOG TUNELA AUTOPUTA A4

Milan Duškov[1] **i Johan de Jongh**[2]
[1] *InfraDelft B.V.*
[2] *Heijmans N.V.*

Rezime: *Rad govori o do 6 m visokim i ukupno 360 m dugim pristupnim nasipima (sa vertikalnim bočnim stranama) od EPS-blokova preko novog dela autoputa A4. Izmedju Delfta i Schiedam-a (kod Roterdama).Tamo deonica autoputa A4 u gradnji preseca postojeću tramvajsku prugu. Zbog okolnih naselja se taj deo budućeg autoputa gradi u nadrzemnom tunelu. Na mestu ukrštanja morala se postojeća tramvajska linija podići 6 m, a tlo je vrlo stišljivo. Zbog vrlo strogih zahteva za buduća sleganja je primenjeno projektno rešenje sa lakotežećim EPS-blokovima. Time je dodatni pritisak na tlo praktično izbegnut jer je težina konstrukcije jednaka masi iskopanog sloja zemlje. Plus je zbog ekonomičnosti i uštede prostora poprečan preseka nasipa izveden bez kosina, sa praktično vetikalnim stranama. Dodatne prednosti su a) izvodjenje u dve faze, prvo podužni deo sa kolovoznom konstrukcijom pa tek onda deo sa tramvajskom prugom, i b) kratko vreme izvodjenja. Postojeća tramvajska linija je smela biti zatvorena samo 12 nedelja. Primenjena projektna metodologija je omogućila završetak radova tačno po planu (2. decembra 2013.). Prethodno je bilo reči o konvencionalnoj gradnji sa izvodjenjem za godinu dana. Sve u svemu je ovim projektom metodologija projektovanje putnih i tramvajskih nasipa značajno modernizovana i Holandija je dobila jedinstveno inženjersko rešenje.*

Ključne reči: *lakotežeći nasipi, EPS-blokovi, putno proširenje, klizišta.*

1. UVOD

Posle četiri decenija odlaganja je realizacija nedostajućeg dela autoputa A4 između Delfta i Schiedam-a u punom jeku. Trasa deonice u izgradnji preseca idilični zeleni polder (isušenu ravnicu ispresecanu manjim I vecim odvodnim kanalima) što je i bio razlog dugotrajnog otpora. (Postojeći A4 do Amsterdama je inače najopterećeniji autoput u Holandiji.) Cena pridobijanja (lokalnog) javnog mnenje je bila garancija da se autoput neće “ni videti, ni čuti, ni mirisati”. Zato je odlučeno da se autoput ukopa ispod nivoa terena, a u naseljenom delu izmedju opština Vlaardingen i Schiedam (pored Roterdama) prolazi kroz nadzemni tunel preko koga dolaze zelene provršine. Time se uticaj na okolinu buduće deonice A4 minimalizuje.

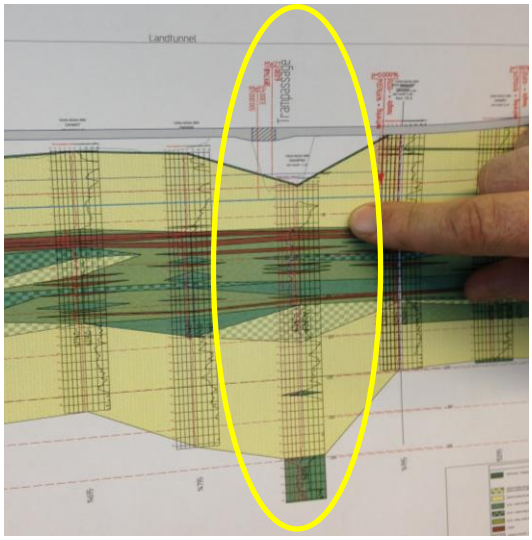
Izbor nadzemnog tunela je izmedju ostalog znači da se od oktobra 2005 postojeće tramvajske šine moraju podići za oko 6 m na mestu presecanja sa trasom A4. Takva visinska razlika morala se premostiti u roku od 12 nedelja jer je tramvajska linija za Roterdam samo u tom planiranom periodu smela biti van upotrebe. U kombinaciji sa velikom stišljivosti lokalnog tla sa jedne strane i postavljenje stroge zahteve za sleganje tramvajskih šina sa druge povećalo je kompleksnost projektovanja. Takodje se zahtevalo da je izvoljenje moguće u dve faze i da se buka i smetnje za lokalne stanovnike od gradjevinskih aktivnosti svedu na minimum.

2. SITUACIJA I TLO

2.1. Profil tla i nivo podzemnih voda

Ceo teren leži nekoliko metara ispod nivoa mora (=NAP±0,0 m u Holandiji). (Kišnica se ispumpava preko sistema kanala u more, što je uobijčajeno u zapadnom delu Holandije.) Da bi se dobio uvid u profil i strukturu tla na mestu ukrštanja tramvajske pruge i autoputa izvšena su konusna bušenje duž dotičnog dela trase A4 kao i sa strane ispod postaničnih nasipa. Primer rezultata sondiranja sa naznačenim mestom ukrštanja je prikazan na na slici 1. U prošlosti je na koridoru nanesen pesak koji se u medjuvremenu slegao do 6,5 m ispod nivoa mora. Ispod tog sloja se nalazi oko 8 m debeo paket gline i treseta. Tek onda je konstantovan čvrst pleistoceni pesak.

S obzirom na ukupnu dužinu od više od 360 metara lakotežećih nasipa sa EPS-blokovima jasno je da profil tla lokalno donekle varira. Plus imamo još oko 30 metara duge prelazne segmente od granularnog nasipnog materijala armiranog geosintetičkim mrežama i fundiranoog na betonskim šipovima. Reprezentativni poprečni preseci su modelovani sa profilima tla definisanim na osnovu rezultata najbližih sondiranja.

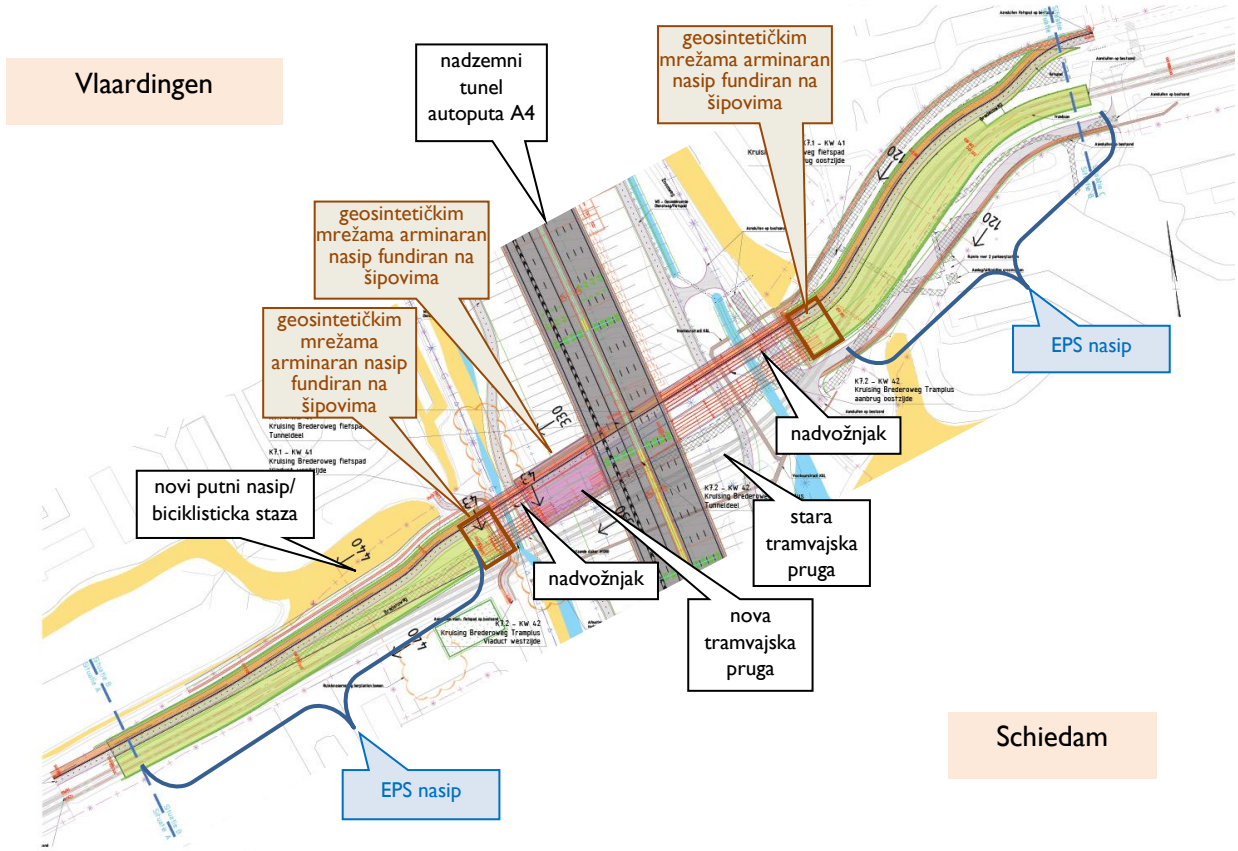


Slika 1.

Relevantni rezultati sondiranja tla na mestu presecanja nove tramvajske pruge i površinskog tunela za autoput A4

2.2. Ukrštanje tramvajske trase i paralelne putne konstrukcije sa nadzemnim tunelom autoputa

Bivša tramvajska pruga je ležala na na nivou tla između NAP-1,3 m i -1.6 m. Nadvožnjak za prelaz tramvaja preko nadzemnog tunela (kroz koji prolazi autoput) dostiže nivo NAP+5,4 m. Ta visinska razlika se morala premostiti bez uzrokovanja sleganja na slabonosivom terenu. Utvrdjeni nagib tramvajskih pruga na obe strane iznosi 3,1% (=1:32,5) . Kao rezultat toga, pristupni nasipi su relativno dugi, oko 175 m zapadno na teritoriji Schiedam i oko 230 m istočno u Vlaardingen-u. Kako nova premeštena tramvajska pruga odstupa od bivše na mestu ukrštanja sa autoputem se vidi na slici 2.



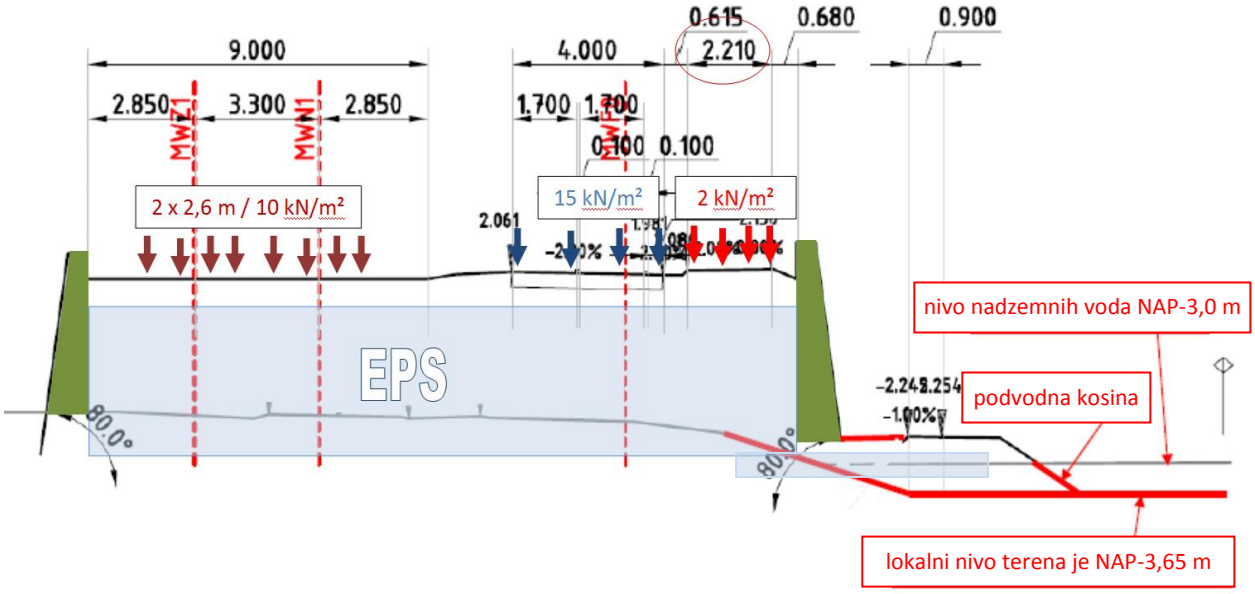
Slika 2. *Situacija sa ranijom i trasom premeštene tramvajske pruge na novim lakotežećim i prelaznim nasipima kao i nadzemnim tunelom za autoput A4*

Slika 2 prikazuje i paralelnu putnu konstrukciju. To je prevashodno biciklistička staza ali kolovozna konstrukcija i nasip poseduju dovoljnu nosivost za teške (vatrogasne) kamione u posebnim slučajevima. Dotična putna konstrukcija i tramvajska pruga se nalaze na istom nasipu. Izgradnja paralelne biciklističke staze znači udvostručenu širinu konačnog nasipa. Tako širok nasip (prosečno oko 20 m) je nemoguće realizovati za 12 nedelja. Zbog tog veoma kratkog raspoloživog perioda za gradjenje je ceo putni nasip ranije započet i autonomno kompletiran u prvoj fazi gradnje. To je bilo moguće zbog izabrane geometrije poprečnog preseka nasipa sa vertikalnim stranama bez kosina.

3. KARAKTERISTIČNI POPREČNI PROFILI NASIPA

3.1. Lakotežeći nasip od EPS-blokova

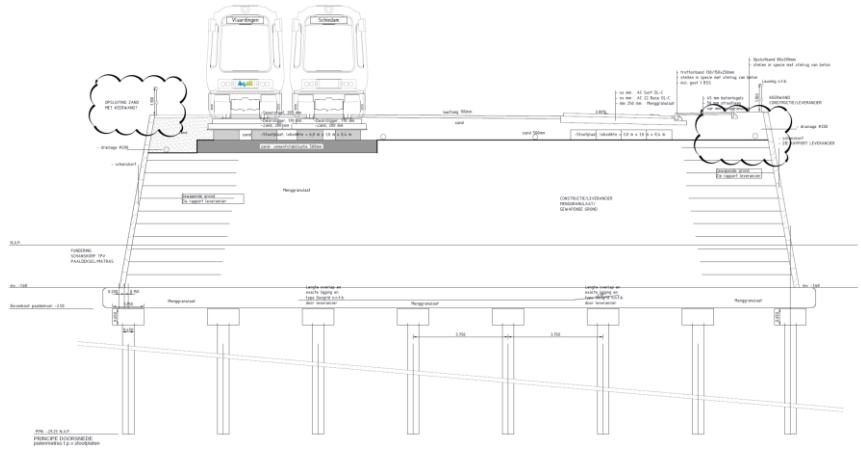
Primer karakterističnog poprečnog preseka lakotežećeg nasipa sa EPS-blokovima je ilustrovan na slici 3. EPS-blokovi su od ekspandiranog polistirena (Expanded PolyStyrene) koji zbog zapreminske težine od samo 20 – 30 kg/m³ omogućavaju drastičnu redukciju totalne težine takvog nasipa. S druge strane EPS ima relativno malu čvrstoću tj. modulus elastičnosti od ≤ 10 MPa. U tom smislu su potrebni adekvatna kolovozna i tramvajska kostrukcija za dovoljnu distribuciju i redukciju napona od saobraćajnih opterećenja. EPS je relativno skuplji od konvencionalnih nasipnih materiala kao što je pesak. Srećom material ima dovoljni faktor trenja i nizak koeficient poprečnih napona. Zato je moguće projektovanje i realizacija visokih nasipa sa EPS-blokovima sa vertikalnim stranama bez kosina. (Prikazane zelene bočne konstrukcije su u projektnoj fazi bile modelovane po uputstvima klijenta ali nemaju konstruktivnu već samo estetsku funkciju.)



Slika 3. *Karakterističan poprečni presek lakotežećeg nasipa sa osama tramvajske pruge i putne konstrukcije zapadno od nadzemnog tunela autoputa A4 sa šematski naznačenim paketom od EPS-blokova*

3.2. Nasip sa geosintetičkom armaturom fundiran na šipovima

Neposredno iza vijadukata na obe strane nadzemnog tunel je prvih 15 metara nasipa uključujući prelazne deonice fundirano na betonskim šipovina i izvedeno u slojevina nevezanog granularnog materijala armiranog geosintetičkim mrežama. Takvo rešenje je bilo uslovljeno u ugovoru. Projektantska filozofija je smanjiti dinamičke efekte jer se raziika u sopstevnoj masi susednih deonica nasipa manje drastična. Ove deonice kao i takav treći segment u sredini izmedju nadvožnjaka su pokazani na slici 2. Šematski poprečni presek sa opisanim projektnim rešenjem prikazuje slika 4.



Slika 4.

Karakteristični poprečni presek dotičnog nasipa sa geosintetičkom armaturom i granularnim materijalom fundiranom na betonskim šipovina sa prikazanim osama tramvajske pruge i biciklističke staze

Kod nasipne konstrukcije prikazane na slici 4. se opterećenje težine nasipa prenosi gotovim pobijenim šipovima na čvrste slojeve tla (=pleistoceni pesak). Geosintetička armature trebala bi imati lučki efekat kojim se naponi prosledjuju na četvrtaste betonske "glave" šipova pa posledično na same šipove. Dizajn armature geosintetičkim mrežama zavisi od odstojanja izmedju stubova/šipova. Kod većeg rastojanje raste i potrebna debljina celokupne armirane debljine nasipa i obrnuto. Armatura geosintetičkim mrežama ujedno omogućava i realizaciju strmih (skoro vertikalnih)strana nasipa što je povoljno zbog praktično istovetne geometrije lakotežećih deonica nasipa u produžetku.

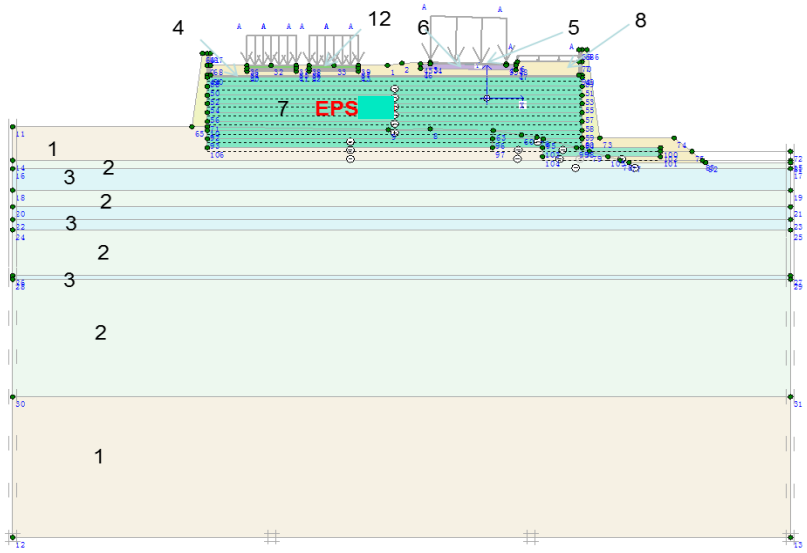
4. MODELOVANJE PLAXIS-PROGRAMOM KONAČNIH ELEMENATA

Visok kvalitet metodologije dizajna dokazuje činjenicu da relativno teški tramvaji voze 6 m iznad tla preko EPS-blokova sa njihovim modulusom elastičnosti manjim od 10 MPa. Štaviše, nasipi od tog izuzetno lakog materijala (98% je vazduh u ćelijama) imaju su skoro vertikalne strane. Znači bez potpore sa strane, isključivo sa stabilnošću baziranom na trenju izmedju blokova. Ubedlti RET (Rotterdamse Elektische Trammaatschapij – javno saobraćajno preduzeća Roterdama), opštine Schiedam i Vlaardingen i holandsku agenciju ministarstva saobraćaja (Rijkswaterstaat) zahtevalo je opsežne analize. U tom okviru izvršena je i analiza prametara sa interface-elementima izmedju EPS-blokova da bi se mogla garantovati dovoljna stabilnost i kvantifikovale granice tolerancije. Dalje su razni ektremni scenariji modelirani uključujući moguća opterećenja, sleganja tla i pokrivajuće bočne konstrukcije. Takodje je pažnja posvećena detaljisanju odvodnjavanja kišnice, ugradnji kablova i električnih stubova kao i prelaznim konstrukcijama. Dozvola za gradnju je tek data na osnovu opsežnih proračuna i kompletne obrazlažuće dokumetacije.

U Plaxis-proračunima je sleganje bio zasnovano na takozvanim Soft-Soil-Creep (SSC) en Hardening-Soil (HS) modelima. Ovi savremeni modeli omogućavaju realističniju analizu nego ranije verzije. Izmedju ostalog je efekat nastavka konsolidacije tla pri konstatnom opterećenju (Creep) implementiran i veće deformacije mogu nastupiti pre kolapsa tla što je važno u graničnim slučajevima. HS sadrži hiperboličnu relaciju izmedju napona i deformacija prevashodno u pesku. Pri tome je mehaničko ponašanje zavisno od nivoa napona i postoji razlika izmedju situacija bez ranijeg opterećenja i nosivosti u prošlosti opterećenih slojeva.

4.1. Plaxis-model profila lakotežećeg nasipa od EPS-blokova

Slika 5. ilustruje Plaxis-model korišćen za dimenzionisanje poprečnog preseka MWF0+440 na zapadnoj strani autoputa A4. Primena iterativne metode podrazumeva inkrementalne promena u modelima u okviru analize izabranog scenarija. Na projekno rešenje utiče i interakcija sa klijentom i nadležnim instancama. Preliminarno modelovanje je sadržalo granično debele i, s druge strane, kompaktne gornje slojeve za distribuciju napona, različite pakete EPS-blokova i različite kolovozne I tramvajske konstrukcije pre nego je napravljen konačan izbor. Tek kada je iterativni procesom omogućio uvid u konture definitivnog projektog rešenja sa velikom sigurnošću za par izabranih profila onda su analogni modeli napravljeni za sve relevantne poprečne preseke na trasi dotičnih nasipa.



Slika 5.

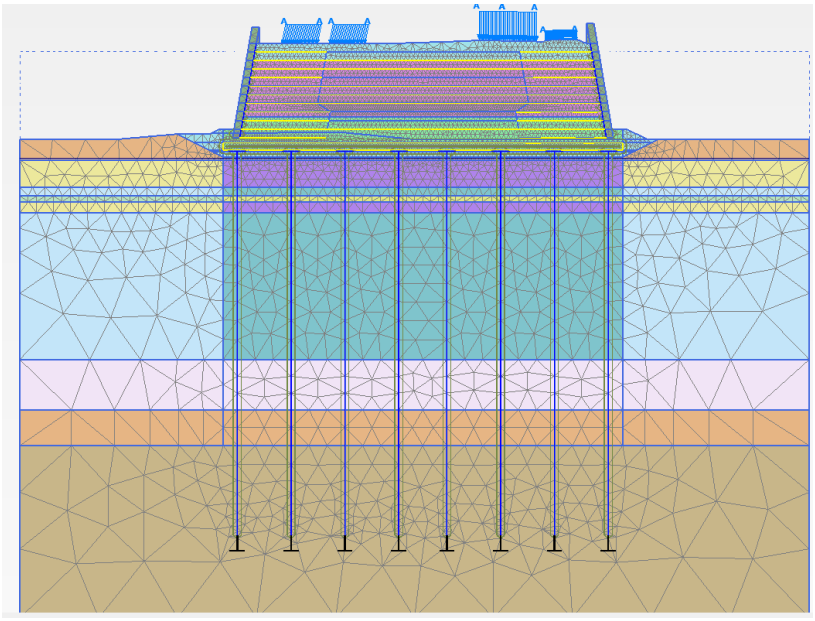
Plaxis-model 20 m sirokog poprečnog preseka nasipa MWF0+440 zapadno od A4-tracé sa privremeno usvojenom gornjom konstrukcijom i 4,0 m debelim EPS-paketom sa vertikalnim stranama

4.2. Plaxis-model profila nasipa armiranog geosintetičkim mrežama i fundinranog na šipovima

Projektno rešenje sa geosintetičkim mrežama armiranim nasipom fundiranom na prefabrikovanim šipovima je zasnovano na važećim holandskim propisima. Karakteristike rešenja su:

- kvadratni prefabrikovani betonski šipovi sa stranicama od 450 mm koji se dosežu do nivoa izmedju NAP -28,0 i 29,25 m;
- rastojanje izmedju prefabrikovanih betonskih šipova je 3,75 m (što je najveće rastojanje u holandskoj gradjevinskoj praksi);
- glave šipova su armirani betonski kvadrati sa stranicama od 1,25 m minimalne debljine od 0,5 m;
- gornji nivo glava šipova nalazi se na NAP-2.5 m;
- geosintetičke mreže su Fortrac® i Stabilenka®.

Momenti u šipovima su utvrđeni proračunima pomoću Plaxis-modela. Slojevi tla su slični prethodno opisanim modelima. Kao izgledaju ovi modeli prikazano je na slici 6.



Slika 6.

Plaxis-model dotičnih nasipa sa armaturama od geosintetičkih mreža fundiranog na prefabrikovanim betonskim šipovima

5. ASPEKTI GRADNJE

5.1. Uticaj na stanovnike u direktnoj okolini

Stanovnici u okolini nisu bili izloženi značajnoj dodatnoj buci ili drugim smetnjama. Slaganje EPS blokova je potpuno tiho, a transport se vrši normalnim kamionima koji prevoze po 100 m³. Dužine deonica sa šipovima su minimalizovane pa time i njihov broj. Pobijanje šipova proizvodi ozbiljnu buku i transport je specijalnim dugim prikolicama. Zato je redukcija ovih gradjevinskih aktivnosti od velikog značaja za ukupni uticaj na okolinu. Mehaničko kopanje sloja zemljišta je bilo do ograničene dubine i širine (zbog izostatka kosina nasipa).

Masa gornjeg sloja zemljišta zamenjena je težinom nasipa po principu ravnotežnog rešenja. Posledično nije bilo dodatnog opterećenja tla niti ekstra sleganja koje bi imalo uticaja na okolne objekte i postojeću tramvajsku prugu direktno pored gradilišta. Zato su tramvaji mogli nesmetano voziti sve vreme osim napomenutih 12 nedelja. I zato je mogla gradnja polovine nasipa za putnu konstrukciju tj. biciklističku stazu biti autonomno izvedena.

Primenjena uzročno usmerena metodologija projektovanja ima za cilj čuvanje postojeće ravnoteže u stišljivom tlu i eliminisanje značajnog dodatnog opterećenja za vreme gradnje i nakon realizacije nasipa. Kroz izbegavanja izazivanja novog konsolidacionog procesa znači i isključivanje kasnijh reparacija zbog sleganja. Mere održavanja su time minimilizovane u budućnosti jer je nasip sa EPS-blokovima adekvatno dimenzioniran. Najveća opasnost je preopterećenje EPS-blokova za vreme gradje dok gornji slojevi za distribuciju napona još nisu kompletirani. Taj rizik je u velikoj meri isključen implementacijom cementno vezanog sloja direktno povrh EPS-paketa. Dalje ovim rešenje nema opasnosti za podzemnu infrastrukturu i susedne objekte.

5.2. Dve faze gradje nasipa

Kod planiranja i same gradnje uzdužne polovine nasipa za tramvajsku konstrukciju je strogo vodjeno računa sa dogovorenom periodom kada je tramvajska linija mogla biti privremeno van servisa. Gradsko saobraćajno preduzeće Roterdama je ugovorno to izdejstvovala zbog važnosti linije za opštine Vlaardingen i Schiedam. Period gradjenja sa EPS-blokovima je u biti odredjen logistikom proizvodnje i prevoza materiala. 22.000 m³ ugradjenog EPS-a značilo je više od 220 velikih kamiona sa prikolicima. Ukupna težina je ograničena ali je zapremina značajna.



Slika 7. *Prva autonomo realizovana uzdužna polovina nasipa za bicikističku stazu/putnu konstrukciju; vidljivi su EPS-blokovi direkno pored tada postojeće tramvajske pruge koja je sve vreme bila u upotrebi*

Značajna odluka je bila graditi uzdužnu polovinu za biciklističku stazu autonomno. Tako je ukupno vreme gradnje moglo biti produženo bez konsekvence za tramvajsku liniju. Kako je već objašnjeno ovo je bilo moguće zbog primenjene metodologije projektovanja bez (npr. predopterećenjem uzrokovanim) sleganja tla jer je postojeća ravnoteža očuvana. Plus je prostorno od važnosti izbor vertikalnih strana nasipa bez kosina. U Holandiji smo prvi put naše tako projektovano proširenje autoputa A76 [1] realizovano samo godinu dana ranije. Bez te reference iz prakse je pitanje da li bi projekat isto izgledao. Slika 7. ilustruje kako je fazna konstrukcija nasipa izgledala u gradnji sa postojećom tramvajskom prugom još u upotrebi. Na slici 8. je vidljiv

kompletiran nasip sa premeštenom tramvajskom prugom. Slika 9 pokazuje severnu vertikalnu stranu nasipa sa folijom prekrivenim EPS-blokvima.



Slika 8.

U dve faze realizovani nasipi sa ove strane budućeg nadzemnog tunela auto puta A4



Slika 9.

Vertikalne strane nasipa sa EPS-paketom prekrivenim folijom na delu opštine Vlaardingen

6. ZAKLJUČAK

Realizivane lakotežeće nasipne konstrukcije sa vertikalnim stranama su ekonimične (zbog uštede na EPS-blokovima i smanjene ukupne širine nasipa), sužavaju potreban gradjevinski prostor (važno za bliske postojeće/planirane objekte), skraćuju vreme izgradnje, eliminišu sleganje uzduž nasipa i optrećenje eventualnih podzemnih cevovoda i/ili klablova. Jedino šta primenjena savremena metodologija zahteva je specifična ekpertiza kod dimenzionisanja. Za sve relevantne scenarije mora se dokazati da samo trenje izmedju EPS-blokova garantuje dovoljnu dugotrajnost nasipa.

Metoda je u Srbiji direktno primenjiva na nestabilnim kosinama kao uzročno rešenje umesto dosadašnjih skoro isključivo simptomskih mera (usmerenih na posledice umesto na uzrok nestabilnosti).

Zahvala

Konzorcijumu A4all su autori zahvalni za dozvolu publikovanja o dotičnoj inovativnoj konstrukciji nasipa.

Literatura

[1] Duškov, M.; Plagmeijer, A.P.M.; den Uil, M.J.; 2013. Lichtgewicht snelwegverbreding met verticale zijkant van A76 op ingekort talud met keerwand, Geokunst/Geotechniek 2: 54-56.

EVALUATION OF ANALYTICAL TOOLS USED FOR THE OPERATIONAL ANALYSIS OF ROUNDABOUTS

Goran Nikolic P.Eng.[1]
[1]*Ontario Ministry of Transportation, 6th Floor, Bldg 'D', 1201 Wilson Avenue, Downsview, ON, CAN M3M 1J8*
goran.nikolic@ontario.ca

Rob Pringle P.Eng.[2] *(Corresponding Author)*
[2]*MMM Group Ltd., Suite 300, 2655 North Sheridan Way, Mississauga, ON, CAN L5K 2P8*
pringler@mmm.ca

Kevin Bragg[3]
[3]*INRO, 376 Victoria Avenue, Suite 200, Westmount, Montreal, QC, CAN H3Z 1C3*
kevin@inrosoftware.com

Abstract: *Roundabouts have long been a staple as an intersection configuration in the United Kingdom and elsewhere in Europe. Although they have been present in limited numbers in North America, they have only recently been a subject of interest in Ontario. Roundabouts can provide increased safety and reduced delay to road users under suitable circumstances. The Ontario Ministry of Transportation has initiated a variety of activities aimed at the investigation of roundabouts as an alternative to signalized intersections in appropriate locations. One such activity is the selection of a suitable method or methods for evaluating the operational performance of roundabouts. A variety of methods are available, ranging from analytical/empirical to simulation.*

This paper reports on initial investigations to compare the efficacy of six methods, based on their performance with respect to level-of-service evaluation at several case-study roundabouts. It was apparent that all methods reasonably estimated delay at lower volume levels. Unfortunately, the available data did not cover situations close to or at capacity levels sufficiently well to arrive at a definitive conclusion under those conditions. However, it was apparent that the results from the various methods demonstrated increasing variability with increasing traffic levels. Based on the evaluation reported here, a provisional strategy has been proposed for the operational evaluation of roundabouts in Ontario. However, further evaluation is required in conjunction with additional data collection under congested conditions to confirm the proposed strategy.

Keywords: *Roundabouts, capacity, operational analysis methods*

1. INTRODUCTION

Roundabouts have long been a staple as an intersection configuration in the United Kingdom and elsewhere in Europe. Although they have been present in limited numbers in North America, they have only recently been a subject of interest in Ontario, the Region of Waterloo being a leader in this regard. Roundabouts can provide increased safety and reduced delay to road users under suitable conditions. The Ontario Ministry of Transportation has initiated a variety of activities aimed at the investigation of roundabouts as a possible alternative to signalized intersections in appropriate locations. One such activity is the selection of a suitable method or methods for evaluating the operational performance of roundabouts. A variety of tools are available, ranging from analytical/empirical to simulation-based methods. This paper reports on a comparison of six modelling and evaluation tools with the objective being the development of a common strategy for the evaluation of roundabout operations.

2. LITERATURE REVIEW

There has been an ongoing debate as to the applicability of available roundabout operational analysis tools: however, there are few studies comparing the tools in detail and only a handful that have included comparisons of predictions to observed North America data. Of the studies that have included comparisons to field data, most have focused on the macro-analytical models, particularly RODEL (from the United Kingdom) and aaSIDRA (from Australia). Examples include Akçelik et al. (1,2) which compare the Australian gap-acceptance model with the RODEL/ARCADY linear regression models using single case-study roundabouts.

NCHRP Report 572: Roundabouts in the United States (3) was a large research effort undertaken to establish standards for roundabouts in the United States, including standards for operational analysis. The study reviewed capacity prediction models from France, Germany, Switzerland, the United Kingdom and Australia, including RODEL and aaSIDRA in the context of American field data. The data collected included a large number of roundabouts across the United States. This review identified an almost universal over-prediction capacity relative to the American case-study data. After attempting to calibrate the various tools to the available data, the authors concluded that estimating a new model based on gap-acceptance theory (referred to in the current paper as the NCHRP equations) was a more promising approach. The resulting equations were proposed for inclusion in the 2010 version of the Highway Capacity Manual.

Stanek and Milam (4) attempted to identify a suitable analysis tool for use in a study of proposed roundabouts in northern California. The FHWA equation (5), RODEL, aaSIDRA, PARAMICS, and VISSIM were tried. No field data was available for comparison, but the authors recommended the use of macroscopic models only for unsaturated conditions but microsimulation models to account for over-saturated conditions, non-standard geometries and system influences. In an attempt to better understand the application of microsimulation to roundabouts, Kinzle and Trueblood (6) evaluated four analysis packages; HCS, aaSIDRA, SimTraffic and VISSIM, for a case study roundabout under various demand scenarios. They also evaluated the effectiveness of the available adjustment parameters. Careful and thorough calibration was recommended for the use of such tools, but, again, field data was unavailable for calibration. Similarly motivated, Ambadipudi (7) compared VISSIM to RODEL and aaSIDRA, with a focus on establishing guidelines for the application of VISSIM to multi-lane roundabouts and evaluating the need for micro-simulation when analyzing roundabouts in a system context.

Gagon et al. (8) recently completed a study with a similar problem in mind as the authors of this paper, and compared aaSIDRA, RODEL, PARAMICS, SYNCHRO/SimTraffic and VISSIM when applied to two case study roundabouts in New Hampshire. Both locations were recently built, single-lane roundabouts with typical geometry. The study compared field delays to the estimates of the five models using default parameters, and (where available) calibrated parameter values. It was found that when calibrated, aaSIDRA and VISSIM were best able to replicate the observed delays, but that the uncalibrated results varied substantially. The authors also suggested that calibration may be site-specific, with no one-size-fits-all set of parameters available.

3. DESCRIPTION OF THE TOOLS EVALUATED

The six roundabout analysis tools reviewed in this study included three micro-simulation tools (PARAMICS (9), VISSIM (10), AIMSUN (11)), two macro/analytical tools based on gap acceptance theory (SIDRA (12), NCHRP (3)), and one tool based on empirical regression (RODEL (13)). ARCADY has the same foundation as RODEL and the two can be considered functionally equivalent.

The three micro-simulation tools reviewed are similar in that they are all discrete-time simulations that process individual vehicles through a road network using various sub-models, such as car-following and gap-acceptance. The tools differ in the details of their sub-models, how they are applied and the way in which the user interacts with the software. With all three tools, the user can specify the detailed geometry of the roundabout and a range of local and global driver and vehicle behaviour parameters. Both AIMSUN and PARAMICS calculate critical gaps based on input geometry and driver behaviour, with some behavioural parameters specified as a distribution, which mimics the real-world distribution of accepted/rejected gaps. In VISSIM, the gap size must be entered directly into the model, requiring the user to either know before-hand the effect of geometry on gap acceptance behaviour, or to iteratively calibrate the behaviour at each approach.

SIDRA (previous versions were referred to as aaSIDRA) uses a theoretical gap-acceptance model and gap-acceptance parameters derived from observations at a large number of Australian roundabouts. The primary inputs are the lane configuration, lane widths, entry radii, roundabout diameter, and the origin-destination flow pattern. SIDRA is notable for accounting for unbalanced lane utilization in its estimation of delay and can be calibrated to some extent.

The NCHRP equations are derived from observations of roundabouts in the United States as presented in NCHRP Report 572. The equations are based upon gap acceptance theory, with the only inputs being the origin-destination flow pattern and the number of lanes in each approach. While it does recognize individual critical

lanes, the user must estimate lane-utilization. The equations can also be calibrated directly to local observations of critical gap and follow-up headway.

RODEL and ARCADY use an empirical model based on the application of statistical regression of a large data set of observed roundabout operations in the United Kingdom. The tool is intended to aid designers in selecting the best geometry for a given location and traffic demand. The research on which these models are based showed that entrance capacity was sensitive to entry lane geometry (width, flare, curb radius, angle) and roundabout diameter, as well as to conflicting flow. RODEL does not, however, provide a direct method for local calibration, although some parameters can be adjusted. ARCADY is very similar to RODEL but provides additional flexibility including greater calibration ability.

4. EVALUATION

The evaluation of the tools was conducted at several levels. First, the tools were evaluated qualitatively with respect to a number of dimensions such as their applicability, incorporation of roundabout geometrics and driver behaviour, ease of use and input requirements, outputs and other issues. The second stage involved actual application of the tools to case-study roundabouts to quantitatively assess how well they were able to replicate real-life conditions. Based on these evaluations, several of the tools were provisionally selected for use in Ontario and were further evaluated as to their compatibility and ability to be combined into an evaluation "strategy".

4.1. Qualitative Evaluation

4.1.1. Applicability

Several key issues were considered with respect to applicability. The first of these is geographic transferability. This is primarily of interest for those tools incorporating empirical studies, namely ARCADY/RODEL and the NCHRP method. In the case of ARCADY/RODEL, the equations defining roundabout performance are based on extensive observations made at roundabouts in the United Kingdom, as well as on research conducted on test tracks. Since roundabouts are more commonplace there and have been in use for a significant period of time, one would expect that the driver behaviour would reflect greater experience with roundabouts and that the predicted performance of a given configuration would be higher than if based on observations of comparable roundabouts in North America. Previous estimates place this difference at between 15% and 20% (3). The NCHRP performance prediction equations are based on observations of roundabouts in the United States and yield more conservative results. Roundabouts are a more recent phenomenon in the United States and are relatively few in number: drivers therefore have less experience using them and tend to exhibit more conservative behaviour. In fact, follow-up observations reported by Mensah et al. (14) about a decade after the original NCHRP surveys indicate that the passage of time, and presumably increased driver experience at the surveyed locations, has lead to higher observed performance and correspondingly increased capacity. The SIDRA model combines general theory with empirical inputs based on Australian experience. In contrast, micro-simulation models are largely generic, although built-in default driver behaviour parameters may reflect conditions in their country of origin. The ability of micro-simulation models to be calibrated or "tuned" to the situation in which they will be used largely sidesteps the transferability question but does mean that the extra calibration step is required.

Also of interest is the applicability of a given tool to roundabouts of different configurations. With respect to an isolated roundabout, configuration includes a number of descriptors, the principal ones being the number of lanes on the circulating and approach roads and the number of approaches, although other geometric parameters are involved. Theoretically, tools incorporating empirical data are only as general as the datasets on which they were based are comprehensive. The use of the NCHRP method is restricted to one and two-lane roundabouts for this reason. However, this is not believed to be a significant practical issue in that the datasets are large and do cover many of the configurations typically encountered.

Another issue is applicability in a network context. It is often desirable to be able to predict interactions between proximate roundabouts and intersections, including the incidence and impacts of queue spillback and the metering of vehicle arrivals. Although the ARCADY/RODEL, NCHRP, and SIDRA models are limited to the

analysis of isolated roundabouts, micro-simulation models can be extended to include the network surrounding a given roundabout.

A final applicability issue involves the level of traffic being evaluated. As with configuration, empirical methods are only as general as the observations on which they were based. In the case of the NCHRP method, there is a distinct lack of suitable data at higher volume levels and the generality of this method is therefore limited in this respect. Analytical and micro-simulation methods do not suffer from this limitation to the same degree although the basic driving behaviour parameters on which they are based, such as reaction time and gap acceptance, can vary with different levels of congestion and may require calibration.

4.1.2. Transparency

The micro-simulation models are largely transparent, the visual animations and detailed outputs giving a comprehensive picture of modelled vehicle dynamics and driver behaviour. In contrast, the analytical/empirical tools are essentially “black boxes” in this regard. The value of transparency lies in the ability of the analyst to confirm realistic operation of the model through the review of actual operation or intermediate results.

4.1.3. Ease of Use and Input Requirements

Generally speaking, the micro-simulation tools require more effort and have more extensive input requirements than the analytical/empirical tools. Creating a detailed physical representation of the roundabout and simulating operation is a resource-intensive exercise with respect to both data requirements and effort. In contrast, the analytical/empirical models are quite parsimonious. The higher level of effort required to micro-simulate is of particular concern when a variety of alternative roundabout configurations and traffic scenarios are being analyzed. Among the micro-simulation models, PARAMICS was the easiest to set up with almost automatic development of a generic roundabout that could then be fine-tuned as required. VISSIM required the greatest effort with AIMSUN falling between the two.

4.1.4. Sensitivity to Roundabout Geometry

All of the tools evaluated incorporate the major roundabout design parameters, including the number of approaches, and the number of circulating lanes. ARCADY/RODEL uses only the width of the approach as a continuous variable whereas the others are sensitive to the actual number of lanes on the approaches. ARCADY/RODEL also directly incorporates inscribed diameter, flaring and entry angle and radius as input parameters while SIDRA recognizes inscribed diameter and flaring. The NCHRP model is not sensitive to detailed geometry. The micro-simulation models are sensitive to geometry to varying degrees although PARAMICS is the only example where vehicle dynamics react automatically to geometry. In the case of AIMSUN, the ease of entry, as dictated by flare, approach angle, and approach radius, is incorporated indirectly but automatically through the definition of vehicle conflict areas. This approach can also be approximated manually in VISSIM. In both AIMSUN and VISSIM, the impact of inscribed diameter is incorporated indirectly through the definition of desired speed within the roundabout.

4.1.5. Sensitivity to Driver Behaviour

Two of the key driver behaviour parameters are gap acceptance and lane utilization (for multi-lane approaches). SIDRA is largely based around a gap acceptance model and recognizes lane utilization. The NCHRP method equations reflects gap acceptance and evaluation is oriented to the critical lane in an approach. ARCADY/RODEL does not incorporate either variable directly although gap acceptance and lane utilization are implicit in the data on which it was based. The micro-simulation models incorporate gap acceptance indirectly through definition of reaction times, conflict areas, and priority rules. Lane utilization is directly modelled and can be adjusted to match site-specific circumstances.

4.1.6. Outputs and Performance Measures

ARCADY/RODEL are set up to provide only a limited set of key performance measures, this being tied to the nature of the observational data on which they were based. SIDRA provides a wider range of performance measures. Micro-simulation models can provide an enormous array of detailed output data which can be sliced in a variety of ways to yield a very comprehensive operational picture. Nonetheless, all of the models provide estimates of capacity, vehicular delay, and queuing, sufficient to characterize the basic performance or level-of-service of a roundabout.

4.2. Quantitative evaluation

4.2.1. Methodology

The six roundabout evaluation tools were evaluated quantitatively by applying them to five case-study locations and comparing their predictions of level-of-service (delay) with values observed in the field. All roundabout geometric parameters were supplied as required for each tool. Calibration was undertaken where possible for a given tool: this was particularly beneficial in the case of the micro-simulation tools.

4.2.2. Case-study Roundabouts

While there were several factors of interest in selecting case study roundabouts, the dominant consideration was the availability of traffic volume and delay data during periods where operation was at or above capacity. Both single and double-lane roundabouts were considered, with either three or four approaches. Roundabouts were sought which had geometric parameters within "typical" ranges, which were isolated from system effects such as nearby intersections, and which were not affected significantly by pedestrian or heavy vehicle activity.

Initially, roundabouts in the Region of Waterloo were expected to provide suitable case studies: however the existing traffic flows at most of these locations were typically at levels significantly less than capacity. One exception was the recently constructed roundabout located at Arthur Street South and Sawmill Road, where one of the approaches experiences delay during the peak hour. It was necessary to look to the extensive video database compiled for NCHRP Report 572 from roundabouts in the United States to find additional locations. Four locations, described in Table 1, were selected from this database for use in the study. For each location, simultaneous traffic flows in origin/destination or turning movement format and delay measurements, preferably collected simultaneously, were required. For the Arthur/Sawmill roundabout, this information was collected through a purpose-designed survey. For the roundabouts in the NCHRP database, the information was extracted from video footage.

Unfortunately, it was only possible to obtain the required data during periods where performance was at level-of-service A, B, or C with average delays less than 25 seconds. In the case of the Arthur/Sawmill roundabout, traffic volumes were relatively low during the survey, even during peak periods, and only minor delays were observed. In the case of the roundabouts in the NCHRP database, the field-of-view of the "fish-eye" cameras used to collect the video footage did not include the ends-of-queue on any approaches operating at level-of-service D or lower and delays could therefore not be measured under congested conditions.

Table 1: *Descriptions for Five Case-study Roundabouts*

LOCATION	NUMBER OF APPROACHES	NUMBER OF CIRCULATING LANES	PEAK HOUR APPROACH VOLUMES (VEH/HOUR)	AGE (YEARS)
MD 139 / Bellona Ave, Baltimore, Maryland	4	Part single/ part double	50 – 1,070	15
MD 2 / MD 408 / MD 422 Lothian, Maryland	4	Single	60 – 1,060	12
RT 9 / RT 5 Brattleboro, Vermont	4	Double	620 –1,100	11
Mile High Dr / Bethel Ave Port Orchard, Wash.	3	Single	670 – 850	8+
Arthur St. S / Sawmill Rd Waterloo, Ontario	4	Double	250 – 1,180	3

4.2.3. Observations

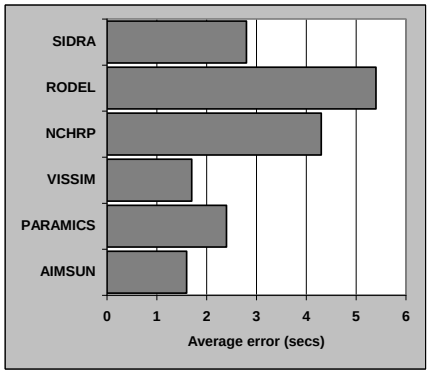
For 11 individual approaches, average delays were estimated using each tool and were compared with the observed delays. Table 2 summarizes these results for each of the six evaluation tools. To measure the fidelity of the delay estimates, three different measures of the error of estimate were used. First, the difference between the estimated delay and the observed delay was averaged over the 11 approaches as shown on Figure 1(a). Figure 1(b) summarizes the mean difference between the observed and estimated delays for each tool, expressed as a percentage of the observed delay. Finally, the root mean squared (RMS) error was calculated for each tool as shown on Figure 1(c). Figure 2 summarizes the percentage of the approaches for which each evaluation tool estimated the correct level-of-service. For this graph, the level-of-service was based on the delay criteria for unsignalized intersections as documented in the Highway Capacity Manual (2000).

On the basis of the delay estimation error and recognizing the limited sample, the micro-simulation models appear to provide more realistic results as shown in Figure 1. This likely derives, at least in part, from the increased calibration capabilities of these tools. Nonetheless, at these low levels of congestion and delay, the variation between methods is not large. This is particularly evident in practical terms: Figure 2 shows that, with the exception of the NCHRP method, which tends to over-estimate delay at low traffic volume levels, there is no significant difference between the methods in their ability to predict the level-of-service.

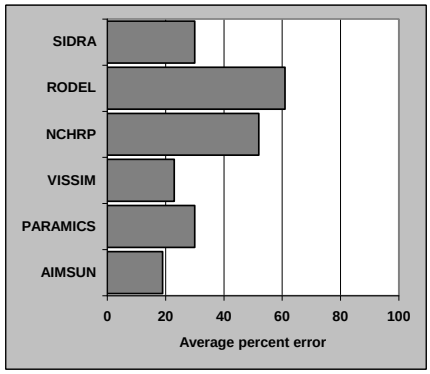
Table 2: *Average Delay (seconds per vehicle) Predicted by Six Methods Relative to Observed Delay for 11 Roundabout Approaches*

APPROACH	AIMSUN	PARAMICS	VISSIM	NCHRP	RODEL	SIDRA	OBSERVED
A	7.2	9.0	7.9	9.1	4.1	5.6	7.6
B	6.6	6.6	8.4	9.5	18.7	13.3	5.7
C	7.4	11.0	10.3	13.7	2.5	7.5	7.1
D	12.5	12.0	9.1	14.2	4.6	7.6	8.3
E	7.9	7.7	7.3	11.5	4.7	6.7	7.3
F	6.8	6.1	5.9	10.8	5.1	6.9	7.4
G	8.4	6.3	7.6	11.2	4.6	6.2	6.4
H	12.3	16.0	11.7	8.4	11.3	8.2	13.8
I	8.4	12.0	9.3	8.2	3.5	6.6	5.3
J	17.6	12.4	18.2	12.8	7.3	13.9	18.3
K	18.8	16.0	18.4	13.0	3.8	8.7	16.1

(a) Average Prediction Error in Seconds of Delay



(b) Average Per Cent Prediction Error



(c) Average root mean square prediction error

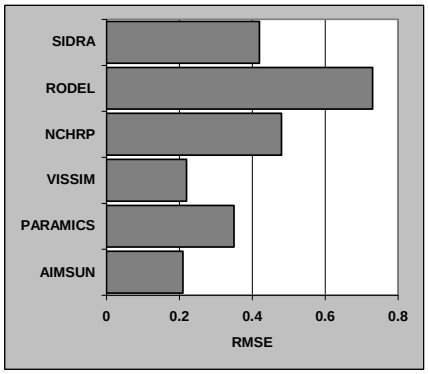


Figure 1: *Average Prediction Error for Six Methods Applied to 11 Roundabout Approaches*

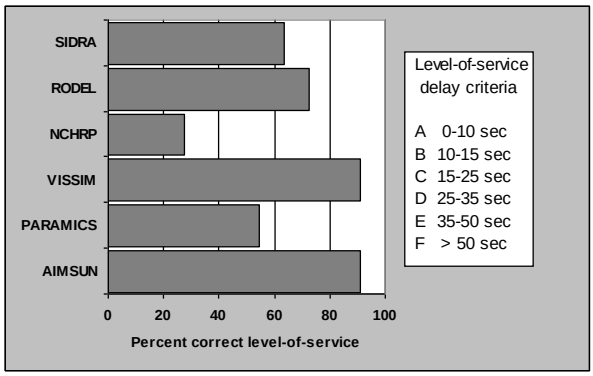


Figure 2: *Percentage of Approaches Where the Correct Level-Of-Service was Estimated*

To compensate in part for the unavailability of data at higher levels of congestion, traffic volumes in all approaches for four roundabouts were scaled up by 20% and 40% and the six tools applied to the resulting scenarios. It is neither possible to compare the results with observed data, nor to comment on the fidelity of individual methods. However, it is obvious from the final column of Table 3 and from the individual values in the table that the variability among the delay estimates for the six tools increases dramatically as the traffic volumes increase. Furthermore, it appears that the simulation tools tend, as a group, to produce fewer unreasonable estimates.

One question not addressed in this study is the definition of the capacity of a roundabout. In keeping with the current standard in intersection capacity analysis, this study has utilized delay as the criterion for roundabout level-of-service and capacity, capacity being equivalent to level-of-service F or worse. For roundabouts, we have used the delay criteria associated with unsignalized intersections as shown on Figure 2, rather than those normally used for signalized intersections. The literature also includes roundabout capacity definitions based on the presence of queues for a specified period of time, normally a few minutes. Definitions for roundabout capacity and level-of-service require further consideration.

4.2.4. Developing an operational evaluation strategy for roundabouts

Although it is not possible on the basis of the available data to arrive at a definitive conclusion on the relative merits of each of the operational evaluation tools tested, it is necessary to come up with at least a provisional strategy for the operational evaluation of roundabouts. This provisional strategy can serve as a reasonable interim measure until more comprehensive data is available. The factors considered in selecting a provisional strategy were as follows:

1. There is no significant practical difference between the delay estimates provided by the various tools at low-to-moderate traffic volumes.
2. RODEL, and by extension ARCADY, have known value as roundabout design tools and are commonly used today. Their ease of use enables many design options to be analyzed efficiently. ARCADY is probably a better choice to go forward with due to its Windows-based graphic user interface, calibration capability (although limited), and more reliable technical support. As noted previously, RODEL/ARCADY estimates of roundabout capacity may be 15-20% higher than that achieved in practice in North America.
3. Micro-simulation models are resource-intensive in terms of both data and effort.
4. Micro-simulation models have the capability to address non-standard roundabout designs and evaluate roundabouts in a network context.
5. It appears that the micro-simulation models produce more reasonable results at higher traffic volumes. Previous experience also suggests that micro-simulation models may also be more capable in situations where there is a gross imbalance between traffic volumes on the different approaches to a roundabout. It is also noted that RODEL/ARCADY does not account for imbalances in lane utilization that may result from traffic patterns or other aspects of driver behaviour.

Among the micro-simulation models, AIMSUN and VISSIM seem to provide the best results although VISSIM is the more difficult of the two to apply to roundabouts.

One element required to complete this provisional strategy is a traffic volume threshold to differentiate low-to-moderate from high traffic volumes. To address this need, a supplementary comparison of ARCADY and AIMSUN was undertaken with the objective of establishing traffic volume ranges over which these two methods are compatible and ranges over which they diverge. The procedure used involving establishing a “curve” depicting the approach capacity predicted by ARCADY as a function of the opposing flow. This curve was then adjusted downward by 15% with respect to the approach capacity. The roundabout used in this case was the 2-lane Arthur/Sawmill roundabout in the Region of Waterloo. An AIMSUN model of this roundabout was then calibrated to give the same approach capacity at a conflicting flow of approximately 800 vehicles/hour. Only minor adjustments of the reaction time in the AIMSUN model were required to accomplish this: the adjustments made were, in fact, consistent with typical driver behaviour in small-to-medium size urban areas. This AIMSUN model was then run at different levels of conflicting flow to provide a complete approach capacity curve. Figure 3 summarizes the comparison of the curves for two of the approaches for this roundabout. A proposed threshold is shown at a conflicting flow of 1,200 vehicles/hour (600 vehicles/hour/lane), the approximate point at which the divergence between the ARCADY and AIMSUN capacity estimates begins to increase markedly. At conflicting volumes above this threshold, not only are the ARCADY results less conservative than the AIMSUN results, but the divergence is increasing.

Table 3: *Average Delay for 4 Roundabouts Predicted by Six Methods for Scaled-Up Traffic Levels*

LOCATION	TRAFFIC LEVEL	AIMSUN	PARAMICS	VISSIM	NCHRP	RODEL	SIDRA	OBSERVED	VARIABILITY AROUND MEAN
A	**base**	7	9	8	9	4	6	7.6	1.5
	+20%	4	8	14	10	6	8	-	2.4
	+40%	30	11	41	12	9	10	-	11.1
B	**base**	9	8	11	10	16	13	8.6	2.3
	+20%	13	10	20	91	58	14	-	21.8
	+40%	41	27	61	282	214	15	-	80.7
C	**base**	12	13	12	14	4	8	9.6	3.0
	+20%	22	14	50	14	4	9	-	10.3
	+40%	49	18	82	38	7	11	-	22.2
D	**base**	6	7	6	9	4	6	7.0	1.2
	+20%	15	9	15	31	6	7	-	6.5
	+40%	39	12	165	445	9	8	-	103.3

Notes

1. The average for each roundabout excludes approaches for which observed data was unavailable

2. The variability was calculated as the mean of the absolute values of the differences between the value for each method and the mean (excluding obvious outliers) for all methods.

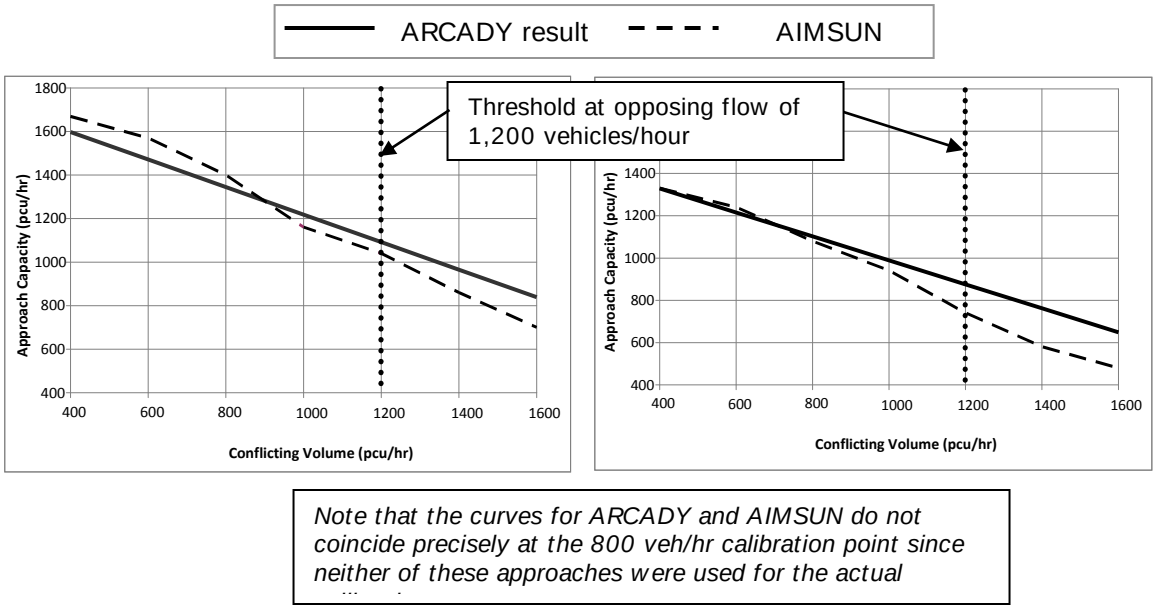


Figure 3: *AIMSUN vs. ARCADY Estimates of Approach Capacity Relative to Opposing Traffic Volume for Some Sample Roundabout Approaches*

5. CONCLUSIONS - A PROPOSED PROVISIONAL STRATEGY FOR THE OPERATIONAL EVALUATION OF ROUNDABOUTS

Based on the analysis and discussion above, the following provisional strategy is proposed for the operational evaluation of roundabouts in Ontario:

ARCADY (or RODEL), with an appropriate capacity adjustment factor (approximately 15% reduction) can be used to assist in the design and operational analysis of roundabouts. However, if one of the following conditions is present, alternative or supplementary analysis using a micro-simulation tool should be considered and may be necessary:

1. *The scenario being analyzed includes a conflicting traffic flow of greater than 600 vehicles/hour/lane;*
2. *The scenario being analyzed exhibits a significant imbalance in approach traffic volumes or lane utilization;*
3. *The roundabout is of unusual configuration or has unusual design features not amenable to analysis using ARCADY;*
4. *The roundabout is in close proximity to other intersections or traffic features, resulting in potential network interactions such as queue spillback;*
5. *Movement through the roundabout includes significant volumes of pedestrians or heavy vehicles.*

VISSIM and AIMSUN both appear to yield realistic results for roundabouts based on this evaluation, although development of a roundabout model is somewhat easier within AIMSUN.

It is recognized that current thinking will likely lead to a new Highway Capacity Manual procedure for roundabouts based on the findings of NCHRP Report 572. However, it is believed that the strategy proposed above is a more useful and general approach that can be of assistance in both the design and operational analysis of roundabouts.

It is also recognized that the provisional strategy proposed above was necessarily based on limited available data. It is recommended that the strategy be amended as necessary to reflect the results of future research and data collection, particularly with respect to roundabout operation under congested conditions.

References

1. Akçelik, R. (2003) A Roundabout Case Study Comparing Capacity Estimates from Alternative Analytical Models. 2nd Urban Street Symposium, Anaheim, California.
2. Akçelik, R. (2005) Roundabout Model Calibration Issues and a Case Study. TRB National Roundabout Conference, Vail, Colorado.
3. Transportation Research Board 2007. *NCHRP Report 572: Roundabouts in the United States.* Washington, D.C.
4. Stanek, D., Milam R.T. (2005). High-Capacity Roundabout Intersection Analysis: Going Around in Circles. National Roundabout Conference, Vail, Colorado.
5. Federal Highway Administration 2000. *Roundabouts: An Informational Guide*. McLean, Virginia.
6. Kinzel, C.S., Trueblood M.T. The Effects of Operational Parameters in the Simulation of Roundabouts. (on-line) available at: www.kutc.ku.edu/pdffiles/roundaboutsim.pdf. (13.05.2010).
7. Ambadipudi, R.P. (2009). Modeling High-Capacity Multilane Roundabouts. Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.
8. Gagnon, C.; Sadek, A.W.; Touchette, A.; Smith M. 2008. Calibration Potential of Common Analytical and Microsimulation Roundabout Models: New England Case Study. Transportation Research Record 2071: 77-86.
9. Quadstone Ltd. 2004. *Quadstone Paramics v5.0 Modeller User Guide.*, Scotland, United Kingdom.
10. PTV Planung Transprot Verkehr AG 2007*. VISSIM 4.3 User Manual*. Germany.
11. TSS-Transport Simulation Systems 2009*. AIMSUN 6.1 User's Manual.* S.L. Spain.
12. Akcelik & Associates Pty Ltd. 2007. *SIDRA Intersection User Guide Version 3.2*. Victoria Australia.
13. RODEL Software Ltd and Staffordshire (U.K.) County Council *2000. RODEL 1, Interactive Roundabout Design.* United Kingdom.
14. Mensah, S., Eshragh, S. Faghri, A. (2010). A Critical Gap Analysis of Modern Roundabouts. Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.

EXPRESSWAY SINGLE-LANE WORK ZONE CAPACITIES WITH COMMERCIAL VEHICLE IMPACTS

Goran Nikolic P.Eng.[1]
[1]*Ontario Ministry of Transportation, 6th Floor, Bldg 'D', 1201 Wilson Avenue, Downsview, ON, CAN M3M 1J8*
goran.nikolic@ontario.ca

Rob Pringle P.Eng.[2] *(Corresponding Author)*
[2]*MMM Group Ltd., Suite 300, 2655 North Sheridan Way, Mississauga, ON, CAN L5K 2P8*
pringler@mmm.ca

Kevin Bragg[3]
[3]*INRO, 376 Victoria Avenue, Suite 200, Westmount, Montreal, QC, CAN H3Z 1C3*
kevin@inrosoftware.com

Diego Mendoza[4]
[4]*Demasimulations, Malaga, Spain*
diego@demasimulations.com

Abstract: *Like other government transportation agencies, the Ontario Ministry of Transportation performs regular maintenance and reconstruction of freeways across the province. If lane closures are required for this maintenance, they have to occur during a window of time in which travel demand is below the capacity of the remaining open lanes. To date, the estimates of capacity for single-lane work zones have been based on relatively simplistic planning assumptions. The impact of heavy vehicles has not generally been considered and it has been observed that overnight construction windows defined on the basis of these assumptions are often subject to significant queuing and delays.*

In an attempt to understand work zone capacity, data was collected at seven work zones in the Greater Toronto Area during the fall of 2008. Analysis of this data indicated a wide and unexplained variation in the capacities achieved at the surveyed locations. It was hypothesized that the orderliness of the merging behaviour may be an important factor in the explanation of this variation, particularly the distance upstream from the lane drop location at which the vehicles in the dropping lane merge into the through lane. Using micro-simulation, the effects of different merging processes were evaluated and simulation outputs corresponding to the observed data were achieved.

It was observed that there appear to be two operational regimes, one with higher throughputs corresponding to early merging and relatively smooth operation in the remaining open lane. The second, with lower throughputs, involved late merging and interrupted flow in the open lane. These results are preliminary and would benefit from additional data collection and analysis oriented to the evaluation of this particular phenomenon.

Keywords: *Work zone, freeway capacity, heavy vehicles*

1. INTRODUCTION

The Ontario Ministry of Transportation operates and maintains an extensive system of freeways and lesser highways across the province. Due to climatic considerations, rehabilitation and improvement activities are concentrated during the non-winter months, meaning that at any given time there may be a number of work zones active on the freeway system in the Greater Toronto Area.

Typical construction staging may call for one of several possible work zone schedules, ranging from nominal lane reductions on a 24-hour basis, to more extensive lane reductions overnight and even to complete closures of either the express or collector lanes for a weekend at a time. At present, timing restrictions are placed on lane

closures based on a relatively rudimentary evaluation of hour-by-hour traffic volumes. However, not all of these calculations account for the impact of heavy commercial vehicles, which often travel in the evening or overnight to avoid congestion during commuting peak periods. On a number of occasions, lack of consideration of heavy vehicle or related grade effects, or of other factors, have resulted in significant queuing and delay and, of course, complaints from the driving public.

The objectives of this study were to:

- Evaluate the capacity of single-lane work zones on three-lane cross section on Toronto-area highways with specific consideration of conditions with queues present; and,
- Evaluate the impact of heavy vehicles on work zone capacity.

Observations were made at overnight work zones on several freeways in the Toronto area, namely Highway 401 and the Queen Elizabeth Way, during the fall of 2008. Data was collected during those periods where two of three lanes were closed and queuing was prevalent.

Several complementary aspects were incorporated into the analytical approach, including straight volume measurements, assessment of headways for different following combinations (e.g. car following a truck) and micro-simulation analysis using VISSIM. The results from these various approaches are compared and synthesized.

2. LITERATURE REVIEW

The Highway Capacity Manual 2000 (1) provides a manual method for estimating work zone capacity, which identifies the reduced capacity of a work-zone lane in comparison to a normal freeway lane, but assumes that the passenger car equivalent (PCE) of heavy vehicles is the same as in normal freeway operation. The methodology is based primarily on a study performed by Krammes and Lopez (2) of 33 work zones in Texas prior to 1991.

Other models have accounted for the presence of heavy vehicles in work zones, such as the one derived by Sun, Lv and Paul (3) from observations in Illinois, or Sarasua et. al. (4) from lane closures in South Carolina. Sun, Lv and Paul used a set of PCE values as a function of work-zone speed and heavy vehicle percentage using a multiple-regression method and a closed loop calibration. Sarasua, et. al. derived a model based on a speed-flow relationship from observations of lane closures in South Carolina. The model adjusted for work zone intensity, lane configuration (1 of 2 lane closure, 2 of 3 lane closure, etc.), and heavy vehicle proportion using a variable PCE value depending on work zone speed.

Al-Kaisy and Hall (5) completed an interesting study of a series of long-term lane closures in Ontario. They proposed a model using multiplicative capacity reduction factors, as opposed to additive, to better account for the interactive nature of these factors. Of course many other studies have been conducted to estimate work zone capacity - this is by no means a complete listing. The interested reader should refer to Edara and Cottrell (6), or to the extensive literature review undertaken by the Transportation Research Centre at the University of Florida (7).

Of particular relevance to the current work is a binomial model developed in a study by Enberg and Mannan (8) to estimate the capacity of a work zone on a freeway in Finland. The model uses headways, differentiated by vehicle following combination, and an estimate of the probability of each headway occurrence from the heavy vehicle proportion. This model was of particular interest as it coincided with the authors' belief that one possible estimate of work zone capacity might be derived from average headways of different types in combination with the proportion of these headway types in the traffic stream. Enberg and Mannan also mention that the binomial method tended to overestimate the directly observed capacity by between 1 and 3 per cent. However, as daily traffic variations from 5 to 10 per cent are common, and during overnight construction periods, variations can be even greater, this overestimate is of little practical significance.

3. TYPICAL EXPRESSWAY WORK ZONE CONFIGURATIONS IN ONTARIO

To provide context and facilitate comparisons with other sources, it is necessary to describe the prescribed layout for the work zones addressed in this study. The Ontario Traffic Manual establishes typical work zone configurations for use on Ontario highways. The layout for the situation being studied here, that of a freeway

being reduced from three lanes to a single lane, is shown in Figure 1 for a normal regulatory speed limit of 100 km/hr. Normally, buffer vehicles, in conjunction with flexible drums or construction markers, would be used to delineate short-term work zones unless moveable concrete barriers could be used effectively. Often, these work zones are signed for a reduced speed of 80 km/hr. and drivers are advised that fines are doubled when workers are present. Depending on the temporal distribution of traffic, lane closures may be introduced in a staged fashion, first closing a single lane and later closing a second lane.

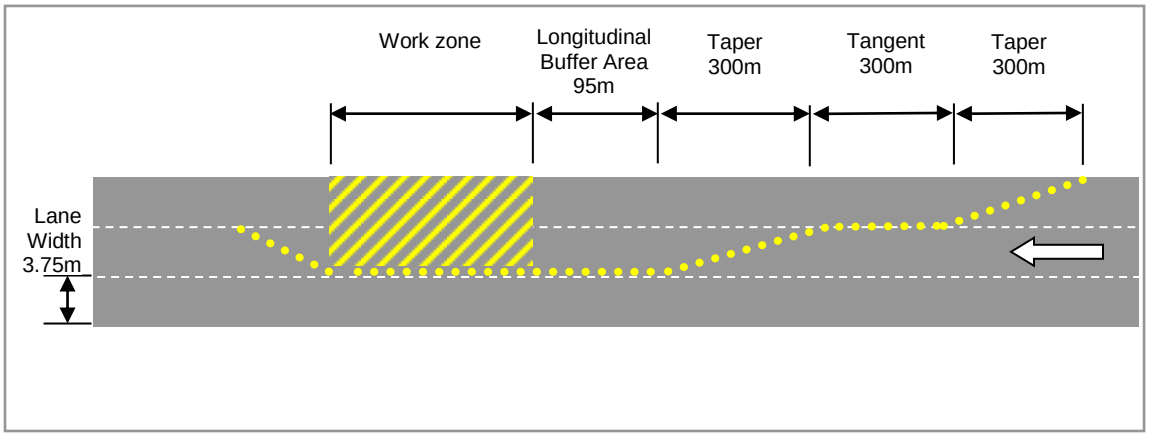


Figure 1: *Standard Freeway Work Zone Layout for Reduction to a Single Lane*

4. VARIABLES AFFECTING WORK ZONE CAPACITY

Based on the literature, the capacity of a work zone in vehicles/hour may be affected by a number of variables, including:

- proportion of heavy vehicles;
- grade through the work zone;
- configuration of the work zone, including lane width, shoulder width, taper length and angle, and entry and exit ramps upstream of the work zone;
- intensity of construction activity;
- weather, lighting, and road conditions; and
- driver population.

The work zone configurations studied were all generally in accordance with the configuration guidelines described previously. Construction activity at each site was of a similar nature, involving one or more of asphalt grinding, resurfacing, median barrier replacement, and striping. All observations were made at night in well-lit locations and there were no particular issues with road or weather conditions, and no grade through the work zones. It is possible that the driver population might vary from location to location at that time of night but it is noted that all survey locations were on inter-regional freeways with connections to the United States border and in a generally semi-rural to suburban environment. It was believed that variations in capacity at the sites observed would primarily derive from the effect of commercial vehicles or from operational differences.

5. DATA COLLECTION

Headway data was collected manually at 7 sites between September and November 2008. Headways were measured front bumper to front bumper In all cases, the work zone involved the overnight closure of two lanes of a three-lane cross-section. Data collection was begun approximately 15 minutes after the lanes were closed, which was typically between 11:15 and 11:45 p.m., and continued until queuing was no longer present, typically between 1:15 and 1:45 a.m. The traffic flow was considered queued when traffic speeds generally below 10 kilometres per hour to 20 kilometres per hour and short headways associated with low speeds were observed upstream of the primary bottleneck.

Observations were made immediately downstream of the beginning of the single-lane section of the work zone and secondary observations were made at the downstream end of the single-lane section. Data recorded included the time at which the vehicle entered the study section, the type of vehicle, and whether or not a queue was present. Vehicles were classified according to whether they were an auto-type vehicle (including light trucks) or a heavy vehicle (large single-unit trucks and trucks with semi-trailers or trailers). There is a tendency for the proportion of heavy vehicles to be higher during the evening hours as drivers try to avoid congestion during peak commuting periods. Table 1 summarizes the data collection activity. Further analysis used only those observations during periods of continuous queuing.

Table 1: *Overview Of Data Collection*

Location	Date (2008)	Start Time	End Time	Percent of study period with queue	Number of total vehicles observed	Percentage of heavy vehicles
Queen Elizabeth Way between Dorval Drive. and 3rd Line Oakville, Ontario	Sept. 12	23:15	1:15	85%	2,646	4.4%
	Sept. 17	23:42	12:11	79%	1,459	10.4%
	Sept. 18	23:20	1:23	77%	2,018	7.9%
	Sept. 19	23:40	1:20	50%	2,565	3.7%
Highway 401 near Trafalgar Road Milton, Ontario	Sept. 24	23:21	1:36	32%	1,983	23.0%
	Sept. 25	23:46	1:38	73%	1,700	18.7%
Highway 401 near Bennett Road Clarington, Ontario	Nov. 27	22:08	23:10	63%	1,030	25.6%

6. ESTIMATING WORK ZONE CAPACITY AND THE IMPACT OF HEAVY VEHICLES

Several different approaches were taken towards the estimation of work zone capacity and the effects of differing proportions of heavy vehicles on that capacity. The capacity of interest was the throughput for a single-lane work zone under saturated conditions when a queue is present, as it is this situation that is normally associated with the definition of the allowable time window for overnight work zones.

6.1. Direct Estimate of Capacity

To obtain direct estimates of capacity, the observations made while queuing was present were divided into time-slices of five minutes duration. The observed capacities were then plotted against the heavy vehicle proportions as seen in Figure 2. This graph shows a relatively wide range in terms of observed capacity, even among points where the heavy vehicle proportions were similar and, to a certain extent, among points at the same site and time period. In fact, there appears to be two concentrations among the points with less than ten per cent of heavy vehicles, one lying between 900 and 1,150 vehicles/hour and another lying between 1,300 and 1,500 vehicles per hour. This suggests that there may be variations in capacity related to some other factor, although it is not obvious what that factor might be. There is also evidence that capacity tends to decrease with increasing heavy vehicle percentage.

It was concluded that capacity estimates based on these direct observations may not be as reliable, at least on the basis of the current data set, as those derived from the headway or micro-simulation analyses discussed below.

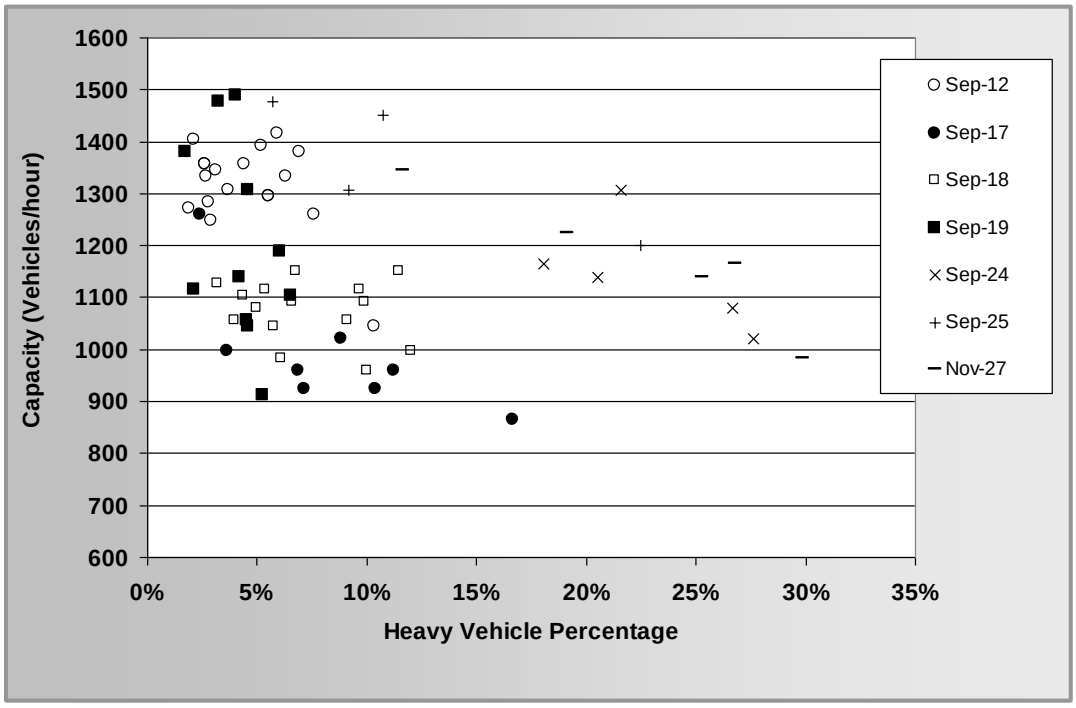


Figure 2: *Capacity Vs. Heavy Vehicle Percentage Based on Direct Observations*

6.2. Capacity Estimation from Analysis of Headway Types and Proportions

6.2.1. Analysis of Mean Headways by Headway Type

It was hypothesized, as in the analysis of Enberg and Mannan, that headways vary with the type of headway, the four types or "following combinations" being:

- car followed by another car (car-car);
- truck followed by a car (truck-car);
- car followed by a truck (car-truck); and
- truck followed another truck (truck-truck).

Table 2 summarizes the mean headways for each headway type based on the combined set of observations. As might be expected from the differences in vehicle acceleration performance, the combinations with a following truck exhibited larger headways. Analysis confirmed that the means for the various combinations were statistically different at the 95% confidence level. Note that Table 2 includes only headway observations during periods of continuous queuing.

Table 2: *Mean Headways for Different Following Combinations*

Headways (seconds)	Car-Car	Car-Truck	Truck-Car	Truck-Truck
Mean	3.0	4.5	3.5	5.4
Standard deviation	1.7	2.5	2.0	2.7
15th percentile	2.5	3.1	2.9	3.3
85th percentile	3.4	6.4	4.6	8.0
Observations	5,347	498	492	147

6.2.2. Analysis of Frequencies of Different Headway Types

The analysis reported by Enberg and Mannan assumed that the proportion of different headway types in the traffic stream was based on a binomial distribution for the given heavy vehicle percentage. For this study, based on personal observation, it was hypothesized that the proportion of truck-truck headways may be higher than would be found with random arrivals, based on the proportion of heavy vehicles, due to a tendency for truck-drivers to travel in platoons. The observed frequencies of the various headway types during periods of continuous queuing, were compared with the probabilistic frequencies from the binomial distribution, as shown in

Table 3: *Statistical Comparison of Frequencies of Following Combinations During Intervals of Continuous Queuing*

Date	Location	Heavy Vehicle Percentage	Relative Frequency								Capacity calculated from headways	
			Car-Car		Car-Truck		Truck-Car		Truck-Truck			
			Observed	Binomial	Observed	Binomial	Observed	Binomial	Observed	Binomial	Observed Headways	Binomial Headways
12-Sep	QEW	4.4%	92%	91%	4%	4%	4%	4%	0.5%	0.2%	1,133	1,134
17-Sep	QEW	9.5%	82%	82%	8%	9%	8%	9%	1.4%	0.9%	1,091	1,093
18-Sep	QEW	7.9%	85%	85%	7%	7%	7%	7%	0.9%	0.6%	1,105	1,106
19-Sep	QEW	3.8%	93%	92%	4%	4%	4%	4%	0.2%	0.1%	1,138	1,139
24-Sep	Hwy 401	23.1%	61%	59%	16%	18%	16%	18%	7.2%	5.3%	1,144	1,144
25-Sep	Hwy 401	18.7%	68%	66%	13%	15%	13%	15%	5.7%	3.5%	1,186	1,187
27-Nov	Hwy 401	25.8%	57%	55%	17%	19%	17%	19%	8.3%	6.6%	1,119	1,119
Chi-Square Test	Chi-Square statistic (reject hypothesis if > 14.1)		3.1		11.7		12.5		62.4			
	Reject binomial process?		No.		No.		No.		Yes.			

Table 3, and the Chi-square test applied. It was found that the proportions for all headways types, except for the truck-truck headways, were statistically no different from that predicted based on the binomial distribution at the 95 per cent confidence level. The proportion of truck-truck headways was statistically different; however, the net impact of this difference on the calculated capacity, as shown in Table 3, is insignificant and binomially-distributed headways can be substituted with minimal loss of accuracy. The capacity was calculated using mean headways by type and the frequency of each type of headway.

6.2.3. Analysis of Capacity based on Headways

When the mean headways summarized in Table 2 are combined with the probabilities of occurrence of the different following combinations in the traffic stream, a relationship can be derived between the work zone capacity and the proportion of heavy vehicles. Binomially-distributed headways have been assumed as per the previous discussion. The following equation defines this relationship:

$$Q = \frac{3600}{(1-P_t)^2 t_{cc} + (1-P_t)(P_t)t_{ct} + (P_t)(1-P_t)t_{tc} + (P_t)^2 t_{tt}}$$

Substituting the values for the mean headways, the average capacity estimate is:

$$Q_{avg} = \frac{3600}{0.4P_t^2 + 2.1P_t + 3.0}$$

where:
Q = capacity in vehicles/hour
P_t = proportion of heavy vehicles
t_{xx} = time-mean headway for following combination x-x
c = car, t = truck or heavy vehicle

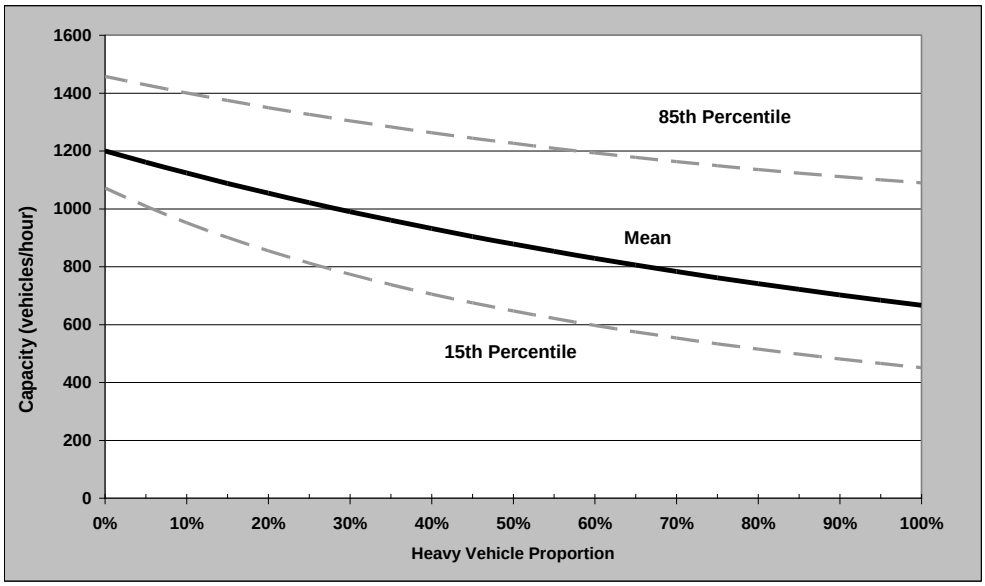


Figure 3: *Variation in Capacity vs. Heavy Vehicle Percentage Based on Headway Analysis*

This relationship is also shown in Figure 3 and reasonable error bounds have also been shown based on the 15th and 85th percentiles for each headway type. However, considering this estimate of capacity based on mean headways in the context of the wide variation in the direct capacity observations discussed previously, it is obvious that a simple mean does not adequately cover all possible traffic situations. It is also noted that the estimated maximum capacity based on "mean" headways and no heavy vehicles, of approximately 1,200 vehicles/hour, is much less than the commonly used value of approximately 1,750 to 1,800 vehicles/hour. This obviously reflects the wide variation in directly-observed capacities from Figure 2.

It is also possible to derive PCE values for heavy vehicles based on these headway and capacity estimates. It was found that the PCE for heavy vehicles ranged between 1.7 and 1.8, depending upon the proportion of heavy vehicles and therefore the relative proportions of different headway types (following combinations). Again, naïve application of these values is not recommended.

The variations in capacity evident in Figure 2 among the various work zone sites and among data points at the same site, given that the sites themselves were quite similar and the conditions under which data was collected were similar, suggests that there is another significant factor influencing work zone operations. One possibility, based on anecdotal evidence and personal observation, is that the capacity of a given work zone might vary depending on the nature of the merging process upstream of the lane drops. If vehicles are able to merge smoothly ahead of the lane drops without causing traffic in the open lane(s) to come to a complete or virtual stop, one would expect to achieve a higher capacity than if vehicles in the open lane(s) came to a complete or virtual stop to allow vehicles from the dropped lane to merge. There could be a number of factors involved in determining which "regime" a given work zone would operate under. Traffic demand and queue length and duration could be factors as could the effectiveness of advanced warning information, and the level of courtesy/aggression among the drivers. The proportion of heavy vehicles could also influence this behaviour since auto drivers may attempt to get past as many heavy vehicles as possible before being funneled into the work zone.

6.3. Capacity Estimation from Micro-simulation

To further understand the factors affecting capacity at the level of the individual vehicle, it was decided to use micro-simulation (VISSIM) to model a generic work zone to assess the impacts of different merging mechanisms and possible operating "regimes" as discussed in the previous section. A VISSIM model was constructed of a generic work zone with a lane reduction from three lanes to a single lane using the standard physical

configuration from Figure 1. This model was calibrated to match the observed mean headways through relatively minor adjustments to the various acceleration and headway parameters available in VISSIM. A nominal proportion of 7 per cent heavy vehicles was used for most scenarios tested although several scenarios were assigned higher proportions. The demand was varied dynamically, beginning at 1,200 vehicles/hour and increasing in increments of 25 vehicles/hour every five minutes.

To examine the impact of different merging protocols, different combinations of routing decisions and associated lane-changing distances were evaluated. Lane-changing distance is the distance upstream of a required lane change that drivers will begin to attempt to change lanes. When higher percentages of the traffic stream are assigned an increased lane-changing distance (700 meters), this has the effect of promoting early lane changes and smoother flow through the work zone. When more of the traffic is assigned a reduced lane-changing distance (150 or 75 meters, there is a reduced probability that vehicles will be able to merge before the lane drop, often resulting in the formation of a queue in the dropped lane. When this situation is prevalent, vehicles tend to alternate from the open and dropped lanes when entering the work-zone and vehicles in the open lane may either stop or slow down to allow a vehicle from the dropped lane to proceed in accordance with this informal but often-observed protocol. Table 4 summarizes the various combinations of parameters tested.

Table 4: *Lane-Changing Assumptions by Scenario*

	Percentage of traffic at given lane-changing distance			Heavy vehicle percentage
Scenario	**700 metres**	**150 metres**	**75 metres**	
1	100	0	0	7
2	0	100	0	7
3	95	5	0	7
4	90	10	0	7
5	80	20	0	7
6	0	0	100	7
7	88	12	0	7
8	0	0	100	20
9	0	0	100	10

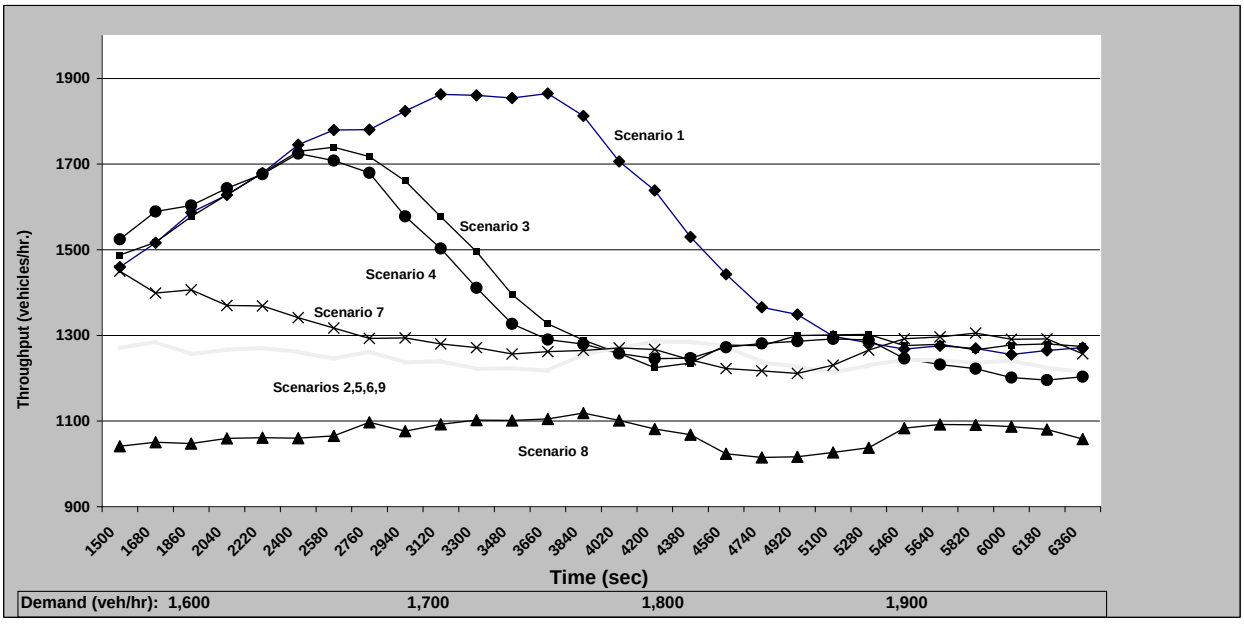


Figure 4: *Simulated Work Zone Throughput Under Different Lane-Changing Assumptions*

For scenarios 1,3, and 4, where the proportion of traffic assigned to change lanes early was at least 90 per cent, throughput increased with demand up to a maximum in the range of 1,700 to 1,850 vehicles/hour before further increases in demand brought the throughput down to approximately 1,200 to 1,300 vehicles/hour. At the higher throughputs, vehicles tend to merge smoothly without requiring vehicles in the open lane to stop or slow drastically. Scenario 1, with 100 per cent of vehicles assigned to change lanes early, achieved a throughput at the top end of this range. When conditions require vehicles in the open lane to stop or slow drastically, the throughputs drop significantly. Scenarios 2,5,6, and 9, with anywhere from 20 to 80 per cent of vehicles assigned to a lane-changing distance of 75 or 150 meters, exhibit a relatively consistent throughput of approximately 1,200 to 1,300 vehicles/hour. Scenario 8, with a higher percentage of heavy vehicles, operated at an even lower throughput of 1,000 to 1,100 vehicles per hour. Scenario 7 represents perhaps an approximate threshold between the "high throughput" and "low throughput" groups, with approximately 12 per cent of vehicles assigned to the shorter lane-changing distances.

Although the throughputs achieved in simulation were generally higher than those observed, the two regimes observed in the simulated results appear to correspond to the two groupings evident in the observed data shown on Figure 2. Differences probably result from factors not considered or from behavioral aspects not included in the simulation model. In addition, the data points shown on Figure 2 are themselves averages which may include stretches of time in both regimes. However, we believe it is reasonable to conclude that the variation in throughput achieved during the site surveys is, in large part, due to the variation in merging protocol at the entrance to the work zone. This cannot be confirmed since the site observations did not include information on merging behaviour. Further surveys, possibly including video-recording, would be beneficial in this regard.

7. CONCLUSIONS

Observed throughputs at overnight, single-lane work zones on Toronto-area expressways were not consistent with commonly used work zone capacities and varied substantially between sites and between observations at the same site. An analysis of mean headways and capacities derived from these headways found varying headways depending on the following combination of vehicle types but these means do not reflect the wide variation observed. A micro-simulation model was used to analyze the impacts of varying lane-changing behaviour as a possible reason for the wide variation in capacities observed. The simulation results provided evidence of two operating regimes. The first, with throughputs in the range of 1,750 to 1,850 vehicles per hour, corresponded to early lane changing and more-or-less continuous flow in the open lane. The second, with throughputs in the range of 1,000 to 1,300 vehicles per hour, corresponded to late lane changing and alternating vehicle discharge into the work zone from the open and dropped lanes. This study suggests that there is a risk associated with operational planning on the basis of currently-used assumptions concerning work zone capacity. However, additional data collection and analysis are required to confirm the preliminary findings reported here and to develop a methodology for more general application.

References

1. TRB, National Research Council 2000. *Highway Capacity Manual*. Washington D.C.

2. Krammes, R.; Lopez G. 1994. Updated Capacity Values for Short-Term Freeway Work Zone Closures. Transportation Research Record No. 1442: 49-56.

3. Sun, D., Lv J., Paul L. (2008). Calibrating Passenger Car Equivalent (PCE) for Highway Work Zones using Speed and Percentage of Trucks - 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

4. Sarasua, W.; Davis, W.; Chowdhury M.; Ogle J. 2006. Estimating Interstate Highway Capacity for Short-Term Work Zone Lane Closures. Transportation Research Record No. 1948: 45-57.

5. Al-Kaisy, A.; Hall, F. 2003. Guidelines for Estimating Capacity at Freeway Reconstruction Zones. Journal of Transportation Engineering 129(5): 572-577.

6. Edara, P., Cottrell, B. (2007). Estimation of Traffic Mobility Impacts at Work Zones: State of the Practice. - 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

7. Elefteriadou, L.; Arguea, D.; Kondyli, A.; Heaslip, K. 2007. *Impact of Trucks on Arterial LOS and Freeway Work Zone Capacity – Part B: Freeway Work Zone Capacity.* Florida Department of Transportation USA.

8. Enberg, A.; Mannan, M. (1998). Capacity and Traffic Characteristics at a Freeway Work Zone in Finland. - Third International Symposium on Highway Capacity, Copenhagen, Denmark.

9. *Ontario Traffic Manual – Book 7.* Queen's Printer for Ontario, 2001.

PLANNING AND IMPLEMENTING A FULL CLOSURE OF THE HIGHWAY 401 EXPRESS LANES WITH THE HELP OF MICRO-SIMULATION

Goran Nikolic P.Eng.[1]
[1]Ontario Ministry of Transportation, 6th Floor, Building 'D', 1201 Wilson Avenue, Downsview, ON, CAN M3M 1J8
goran.nikolic@ontario.ca

Rob Pringle P.Eng.[2] *(Corresponding Author)*
[2]MMM Group Ltd., Suite 300, 2655 North Sheridan Way, Mississauga, ON, CAN L5K 2P8
pringler@mmm.ca

Abstract: *Highway 401, through the Greater Toronto Area, is one of the busiest stretches of expressway in North America, with more than 400,000 vehicles per day. In addition to serving commuting flows across the Greater Toronto Area, Highway 401 serves as the primary corridor for passenger and commercial traffic between Quebec and Windsor and points beyond.*

In 2003, the Ministry of Transportation of Ontario (MTO) investigated the possibility of closing the eastbound Highway 401 express lanes, between Kipling Avenue and Jane Street, for two weekends in 2004 to rehabilitate the road base. Such a closure would have previously been considered too risky in terms of the impact on traffic flow. However, the alternative construction schedule would involve approximately 70 overnight closures and an additional cost of $1.5 million. A micro-simulation model (VISSIM) was used to assist in the assessment of traffic impacts and the development of a traffic management strategy to keep traffic moving on the collector lanes through the work-zone area.

Through micro-simulation, it was demonstrated that the proposed closure was feasible, assuming a combination of a comprehensive public communications plan, selected on and off-ramp closures, an incident management plan, and reduction in traffic levels of 20 to 25% through diversion. Simulated conditions, during peak weekend traffic periods with the closure in place, were projected to be equivalent to or better than typical weekday morning peak-period conditions.

The closure was implemented on the third and fourth weekends of August, 2004. Observed traffic conditions were essentially as predicted, with operation falling in between typical weekend and weekday peak conditions. The projected level of diversion was achieved, traffic was kept moving, and only minor incidents, quickly cleared, were recorded. The construction work was completed on time and met all standards and specifications.

Keywords: Highway construction impacts, Micro-simulation, Traffic operations

1. INTRODUCTION

Highway 401, under the jurisdiction of the Province of Ontario, is the primary east-west road connection across southern Ontario, between Quebec and eastern Canada and the border at Windsor, Ontario and Detroit, Michigan. It is also the principal east-west artery tying together the more than 4 million people living in the Greater Toronto Area (see Figure 1). It connects the Greater Toronto Area with Quebec, the Atlantic Provinces, and the central and western states of the United States. The importance of this highway is emphasized by the following facts:

- The peak flow, in the section of Highway 401 through the interchange with Highway 400, is more than 400,000 vehicles per day, making this highway the busiest in Canada and one of the busiest in North America.
- On a daily basis, approximately 20% of the vehicles on Highway 401 through Toronto are commercial vehicles, about 80,000 per day.
- Highway 401 connects Highways 400, 403, 404, 409, 410, 427, the Don Valley Parkway, and many arterial roads within the Greater Toronto Area.

- Highway 401 through much of Toronto consists of an express/collector system with up to 12 traffic lanes plus transfer and speed-change lanes.

The Ministry of Transportation of Ontario (MTO) is engaged in an ongoing program to maintain and rehabilitate this highway, built largely in the 1950's. Managing the maintenance of a major highway such as the 401 while it is in use is a challenging balancing act. Minor closures may be implemented on a 24/7 basis, particularly if additional temporary lanes can be provided, but more significant closures are typically scheduled to occur during the overnight hours, when traffic flows are at their lowest. This increases the cost of construction significantly - not only are labour costs at a premium, but the start-and-stop scheduling and the ability to work for only about five to six hours out of every 24-hour period extends the duration of the work. Notwithstanding the attempt to minimize disruption of traffic by concentrating construction activity in the overnight period, traffic is affected over a protracted period of time.



Figure 1: *Context/Key Map – the Study Area within the Greater Toronto Area*

MTO engineers had identified a pressing need to replace two lanes of concrete road base over a 1.25 kilometre section of the Highway 401 express lanes in the vicinity of Highway 400 (see Figure 2). Normal construction scheduling practice would mean that the work-zone would be closed to traffic each night for almost four months. In an attempt to reduce the duration and cost of this rehabilitation project, the MTO design team decided to investigate the possibility of closing the express lanes for several weekends (Friday evening to Monday morning) during the summer of 2004. Such an undertaking had never been attempted with anything like the current traffic levels on the highway.

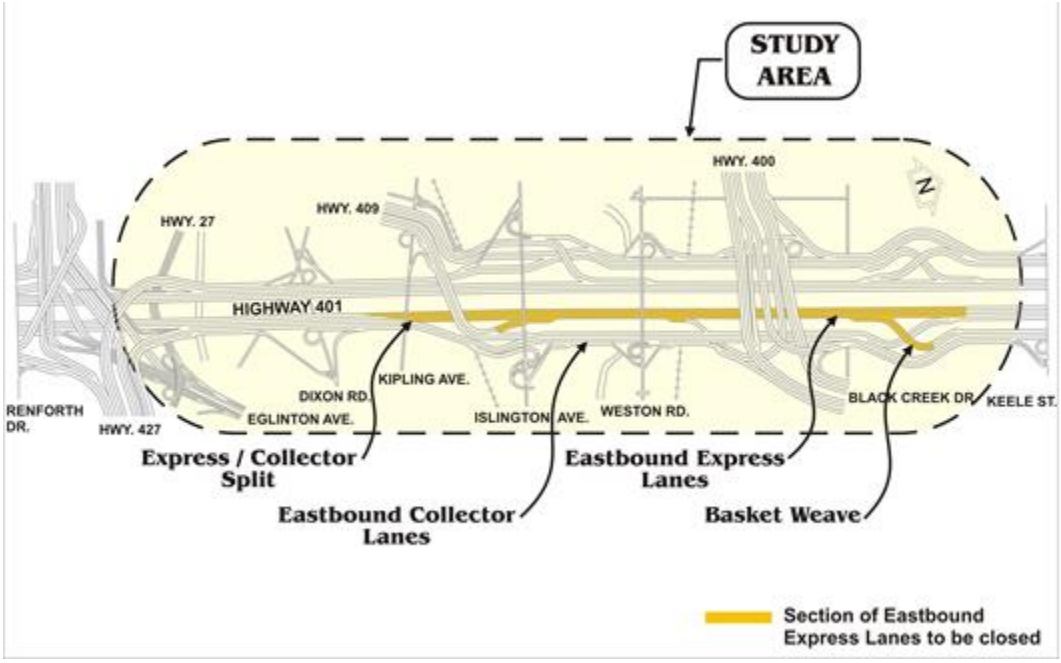


Figure 2: *Study Area – Proposed Closure*

The risks involved in implementing a weekend closure of this scale are significant. Unless managed carefully and successfully, such a closure could result in:

- Complete lock-up of both the express and collector lanes which, along with the overflow of traffic onto the arterial road system, would disrupt east-west movement across Toronto as well as north-south movement through the interchanges.
- Major disruption to Greater Toronto Area residents and businesses.
- Significant economic costs associated with delay to both passenger and commercial movement and a likely rash of collisions.
- Public outcry.

On the other side of the coin, the potential benefits included:

- Reduction of the duration of the project by 5 weeks.
- Reduction in the project cost of $1.5 million.
- Elimination of 70 overnight closures that would otherwise be necessary.

This project could also serve as an evaluation testbed for the consideration of similar situations in the future.

This paper describes how the proposed, construction-related closures were analyzed and planned using micro-simulation, the traffic management plan that was developed and implemented, and a comparison of traffic conditions observed during the closure with those predicted beforehand.

2. CONTEXT

The section of Highway 401 for which closure of the eastbound express lanes was contemplated lies between the express/collector split in the vicinity of Kipling Avenue and the basket-weave just west of Keele Street where transfer lanes exchange traffic between the express and collector lanes (see Figure 2). West of this section, there is a discontinuity in the collector lanes extending from the vicinity of Highway 427. To the east the express/collector system is continuous to beyond the boundaries of the City of Toronto. Within this 5-kilometre work-zone, actual construction activity would be concentrated on a 2 lane section over a distance of about 1.25 kilometres. Rehabilitation requirements called for replacement of the concrete road base within this section.

However, due to the access-controlled nature of the highway, it was necessary to close all eastbound express lanes between the express/collector split and the basket-weave from Friday evening to Early Monday morning.

Within the 5-kilometre work-zone, there are two interchanges with 400-series highways (Highway 400/Black Creek Drive and Highway 409). There are also two interchanges with arterial roads at Islington Avenue and Weston Road. Evaluation of the traffic impacts of the closure required examination of a larger study area, extended to the west (upstream) to include the interchange at Dixon Road and the ramps from Highway 427, resulting in a study area consisting of about 10 kilometres of Highway 401 (see Figure 2).

Typical eastbound traffic flow on a Saturday afternoon during the summer peaks at approximately 11,700 veh/hr. in the section east of Highway 400. Although Figure 3, is more representative of flows west of Highway 400, it shows quite clearly that peak traffic flow on a Saturday is not significantly less than that during the week.

Examination of the hourly variation in traffic flow for Saturday indicated that the peak period extended from approximately 4 p.m. to 7 p.m. Flow within that period did not vary by much and there was a noticeable reduction either side of this period. In conjunction with the fact that traffic during the proposed closure would be at or close to capacity levels, this suggested that the entire 3-hour peak period should be modelled to enable maximum queue accumulation to be observed.

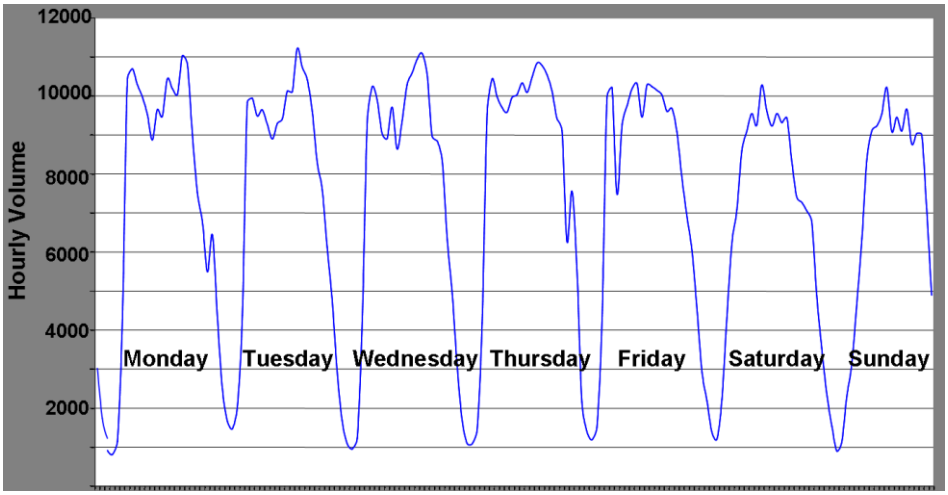


Figure 3: *Daily Traffic Flow Variation on Highway 401 at Weston Road*

3. PLANNING FOR THE CLOSURE AND ASSESSING ITS FEASIBILITY

3.1. Criteria for Success

The MTO design team established conditions which would have to be met before the proposed closure could be considered acceptable and the decision made to proceed. Inconvenience to the driving public was to be minimized. Overall, it was required that traffic conditions during the closure on the remaining (collector) lanes would be no worse than those typically experienced during the weekday morning rush-hour. To achieve this objective, the following criteria had to be met generally throughout the closure period:

- Traffic had to be kept moving through the work-zone (on the collector lanes).
- Traffic queues upstream of the work-zone had to be contained within the section of Highway 401 between the work-zone and Highway 427.

The rationale for these criteria was based on the desire to ensure that any traffic congestion resulting from the closure did not “stand out” from the congestion experienced by GTA drivers on a day-to-day basis.

3.2. Potential Management Plan Components

It was obvious to the MTO design team that successfully meeting the criteria described in the preceding section would require a comprehensive and integrated management plan. Initial discussions and some preliminary analysis using the INTEGRATION traffic simulation model led to the following list of potential components of this plan:

- A public communications plan, likely incorporating media announcements and on-road signing, both before and during the closure, to promote the use of alternative routes and trip scheduling, potentially reducing the traffic levels that would have to be accommodated through the work-zone.
- A traffic management plan to be implemented during the closure. To promote diversion around the work-zone, the effectiveness of closing selected interchange ramps upstream of and through the work-zone would be considered. Ramp closures would also minimize the disturbance created by traffic entering and leaving the highway, thus maximizing the capacity of the remaining lanes. From the preliminary construction schedule, it appeared that it might be possible to maintain at least part-time use of one of the express lanes to provide the maximum possible accessibility to Highway 400, the primary connection to "cottage country" and other recreational activities in Ontario's "Near North".
- An incident management plan that would facilitate identification of collisions and other incidents in and around the work-zone as quickly as possible and measures to enable rapid response and incident clearing by emergency service resources.

The next step involved a detailed examination of the potential effectiveness of these plan components towards meeting the "criteria for success". Although the proposed closure had been previously modelled using the INTEGRATION simulation package, there remained some question as to the reliability of the results given that traffic demand in the work-zone area was found to be at or above capacity levels. The MTO design team decided to seek confirmation of the results using the VISSIM micro-simulation package. VISSIM is well-suited to operational studies of this nature and scope. The next section details the set-up, validation, and application of the VISSIM model.

3.3. Micro-simulation Analysis and Evaluation

3.3.1. Setting-up the VISSIM Micro-simulation Model

The work-zone, along with several kilometres of Highway 401 eastbound, including connecting on and off-ramps, upstream and downstream of the work-zone was overlaid on a suitably-scaled aerial mosaic of the study area. This procedure avoided the need for detailed measurement and layout of the network elements. On and off-ramps were left simply as stubs - a simplifying assumption that proved to be valid, given that capacity constraints at the ramp terminals were not violated with the traffic levels and patterns modelled. Consequently, only freeway and ramp operations, and not signalized intersections, had to be represented.

To establish the travel demand inputs for the model, a traversal matrix was developed, summarizing the origin-destination patterns for the study area, using the EMME travel demand model. A traversal matrix is a sub-area contraction of the regional origin-destination matrix such that the zones outside the sub-area are collapsed to the road links crossing the sub-area boundary. The travel demand pattern used in the EMME regional model is based on the Transportation Tomorrow Survey, a comprehensive household interview survey last conducted across the GTA in 2001 in conjunction with the Canadian Census. Although the regional model is necessarily representative of a typical weekday, it was deemed to be adequate as a "seed" matrix since most of the trips for the relevant period on both Saturday and a weekday would likely have a residential destination. A comprehensive set of freeway mainline and ramp counts was compiled from information recorded through MTO's Advanced Traffic Management System (ATMS). Auto traffic counts on the facilities crossing the study area boundary were used as controls for the traversal matrix using a FRATAR approach, to ensure that the trips into and out of the study area matched observed conditions. Separate medium and heavy truck matrices were produced using data from the Cordon Count Program, a biennial classification count undertaken at major screenlines across the GTA.

3.3.2. Validating the Model

Validating and calibrating a micro-simulation model is a challenging exercise and is subject to a number of issues, particularly where the road conditions being modelled are congested as they are in the Highway 401 corridor.

First, observed traffic throughput on a congested roadway may not reflect the demand for travel on that roadway - simply the number of vehicles that were able to get through. To address this issue, the endpoints of the study section of Highway 401 were set at locations on the highway where queuing is less likely to occur. Thus the traffic demand inputs to the VISSIM model were as close to actual demand as possible, and the link flows generated by the model could be meaningfully compared to traffic flows observed "in real life" at the same locations and during the same time periods. This comparison yielded satisfactory consistency across the board, not surprising considering the relatively small size and simplicity of the network.

Second, when traffic demand is near capacity levels, traffic speeds can fluctuate significantly from lane to lane and from minute to minute as "shock waves" travel through the system. Travel time observations from individual timed runs through the study area exhibited significant variability within an envelope bounded above by something close to the free-flow speed of 110 to 120 km/hr. and below by the speed typically found in slowly-moving queues, about 10 to 15 km/hr. If one tracks the speeds of individual vehicles on a congested road within VISSIM, comparable variability is typically found. Taking time averages of these speeds masks this variability. It is therefore necessary to step back and take a more holistic approach to the validation of traffic speeds. Overall patterns in individual and average speed profiles were compared, particularly with respect to free-flow speed and areas of significant speed change, such as at the start and end of queues. Not only did these comparisons show satisfactory consistency, but the simulated speeds compared well with anecdotal evidence (the work-zone is adjacent to MTO's Downsview office complex and is used extensively by MTO staff).

Finally, patterns in the location of start and endpoints of traffic queues were obtained from the VISSIM outputs and compared favourably with both observed travel time and speed data and anecdotal evidence. With some minor adjustments and successful completion of the above validation tests, the VISSIM micro-simulation model was considered ready for actual application.

3.3.3. Evaluating the Closure

There were two primary objectives in developing the VISSIM micro-simulation model; to address the question of the feasibility of the proposed closure, and to identify and evaluate the required components of the traffic management plan.

Potential traffic management measures were identified and evaluated using VISSIM as follows:

- The most obvious traffic management measure was the closure of on-ramps feeding traffic to Highway 401 within and immediately upstream of the work-zone (at Dixon Road, Islington Avenue, and Weston Road). Closing these ramps could divert up to 3,500 veh/hr. around the work-zone. In addition, the disturbance and associated capacity reduction associated with traffic merging from the on-ramps would be eliminated. Closure of the Black Creek Drive on-ramp was also investigated but the operational benefits of closing this ramp were out-weighed by the desirability of leaving it open as an alternative route for traffic diverted from the on-ramps that were closed. Closing the on-ramps at Highway 409 and Highway 400 was considered too disruptive and was not evaluated.
- A similar analysis was also conducted with respect to the off-ramps through the work zone. Closing these would also result in diversion around the work-zone. The off-ramp to Dixon Road would be a potential diversion route and its closure was not pursued. The off-ramp to Weston Road serves a significant adjacent retail complex and it was found that the benefit associated with closing this ramp would be out-weighed by the reduction in accessibility to the retail complex. The benefit associated with closing the Black Creek Drive off-ramp was found to be marginal. The off-ramp to Islington Avenue was recommended for closure.
- Based on the proposed construction schedule, it was found to be possible to leave one of the express lanes open to provide additional access on a part-time basis to Highway 400 northbound - ramps feed Highway 400 from both the express and collector lanes. Since the closure would take place in the height

of summer and Highway is a key route to Muskoka and other summer recreational areas, this possibility was investigated further and found to offer significant benefit.

- During the course of the evaluation process, it was found that the operational capacity of the remaining collector lanes was influenced to a significant degree by the manner in which the closure was introduced at the entry to the work zone. Consequently, further testing led to optimization of the sequence of lane drops and the organization of the required merges.

Implementing the ramp closures discussed above would result in the diversion to alternate routes of traffic normally using these ramps. A previous analysis, summarized in Figure 4, indicated that between 20% and 30% diversion away from Highway 401 would be required to keep traffic demand below the capacity of Highway 401 during the closure.

Based on select-link analysis for each ramp, undertaken using MTO's EMME model, and the simple rules summarized in Table 1 below, the origin-destination matrix used for the evaluation was modified to be consistent with the closures being evaluated. At various locations within the work-zone, it was found that diversion levels based on the ramp closures could be as high as 25%. The increases in traffic on adjacent arterial roads resulting from the ramp closures was estimated to assist the City of Toronto in adjusting traffic signal timing plans to better accommodate the additional traffic.

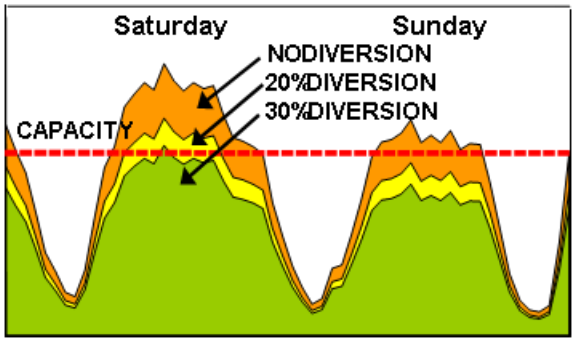


Figure 4: *Diversion Requirements*

Table 1: *Re-routing and Diversion Assumptions Applied to Ramp Closures*

	For drivers approaching the work-zone on an expressway	**For drivers approaching the work-zone on an arterial road**
Drivers assumed to know about the closures and plan an alternate route that avoids the work-zone.	80%	50%
Drivers that are unaware of the closures and are forced to react when they encounter the advisory signage.	20%	50%

It was also surmised that congestion through the work-zone area would result in additional diversion to other roads. However, since one of the criteria for success for the closure was to keep traffic moving, it was decided not to assume diversion beyond that caused directly by the ramp closures. It was decided to consider any additional diversion resulting from congestion to be a "safety net" in the event that traffic flows were higher and conditions worse than anticipated during the closure.

Figure 5 shows the baseline Saturday peak-hour traffic flows on Highway 401, together with the estimated flows incorporating the proposed ramp closures.

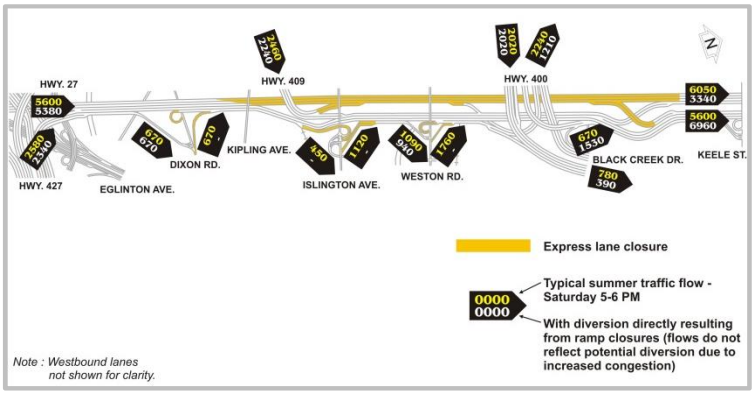


Figure 5: *Traffic Flows – Eastbound Highway 401*

3.4. Feasibility of the Closure and the Recommended Management Plan

3.4.1. Feasibility and Potential Risk Associated with the Proposed Closure

The primary conclusion arising from the evaluation discussed in the previous section was that from a technical perspective, there was every indication that the "Criteria for Success" could be met. Micro-simulation of the recommended package of traffic management measures suggested that traffic could be kept moving, that queuing on the highway would not spread beyond Highway 427, and that conditions during the closure would be no worse than conditions during a typical weekday morning rush hour. (See Table 2 below - further discussion is provided in Section 5.)

A risk assessment showed three potentially significant risks associated with the proposed closure:

- The first was the risk that traffic levels through the work-zone would be higher than anticipated due to lower-than-expected diversion away from the work-zone and/or time-shifting of trips. Since expected traffic levels are near or at the capacity limits of the remaining lanes, any appreciable increase in flow would result in major increases in delay and queue extent. The "safety net" in this case lies in the fact that highway operation was evaluated without accounting for the diversion that could be stimulated by congestion or the anticipation of congestion on the part of drivers. As noted previously, only that congestion forced by ramp closures was incorporated in the analysis. The evaluation therefore took a conservative approach.
- The second risk lay in the possibility that diversion to alternative routes would be higher than expected, resulting in the breakdown of key locations on the arterial road system. This was considered unlikely since projected travel times on Highway 401 were projected to be at least as good as those experienced during typical weekday peak periods. Furthermore, weekend drivers would likely be somewhat averse to changing routes since they would be less time-sensitive than commuters, would consist of a higher proportion of out-of-town, and therefore unfamiliar, drivers, would have limited time in which to investigate alternative routes, and may not have paid as much attention to the effect of the closure on what would not likely be a habitual trip. In particular, drivers making longer distance trips on Highway 401 would likely be averse to leaving the highway, only to rejoin it further downstream. To further reduce this risk, consultation was planned with City of Toronto officials to coordinate traffic management initiatives.
- The final risk was that of a total breakdown of the highway resulting from a major incident. The probability of incidents occurring increases in situations with high levels of congestion and variable speeds in stop-and-go driving. To minimize this risk, a comprehensive incident management plan was developed.

A video animation of the micro-simulation results was prepared to show projected highway operation during the closure. This was presented to senior management of the Ministry for approval. They confirmed that the proposed closure and the projected impacts and risks were considered manageable. The value of using video

animation to present the case for the closure was evident – it provided a better 'feel' for the projected traffic conditions than the more traditional graphs and tables.

Based on the micro-simulation evaluation, risk assessment, and video animation of projected operations, MTO's senior officials had a higher comfort level with the idea of the proposed closure and could make the decision to proceed with reasonable confidence that this was not a disaster in the making.

Table 2: *Key Traffic Parameters Projected for the Proposed Closure*

	During the morning rush hour on a typical weekday.	During the peak period on a typical Saturday (measured before the closure).	Projected for the peak Saturday period during the closure.
Eastbound traffic delay between Highway 427 and Keele Street (through work-zone)	10.0 minutes	1.7 minutes	7.0 minutes
Length of queue on Highway 401	Queue extends beyond Highway 427	Only sporadic and short-term queuing	Queue projected to extend to Dixon Road (short of Highway 427)

The following sections describe the final management plan recommended and adopted for implementation during the closure.

3.4.2. Traffic Management Plan

The measures adopted as part of the final traffic management plan were as follows (see Figure 6):

- Closure of the Dixon Road, Islington Avenue, and Weston Road on-ramps;
- Closure of the Islington Avenue off-ramp;
- Part-time operation of a single express lane from the express/collector split at Kipling Avenue to the Highway 400 northbound on-ramp;
- Modified layout of lane drops at the express/collector split (upstream end of the work zone;
- Part-time closure, during actual construction, of the Highway 401 on-ramp from Carlingview Road for exclusive use by construction vehicles and concrete delivery trucks; and,
- Consultation with City of Toronto staff concerning complementary traffic management measures on the arterial road system.

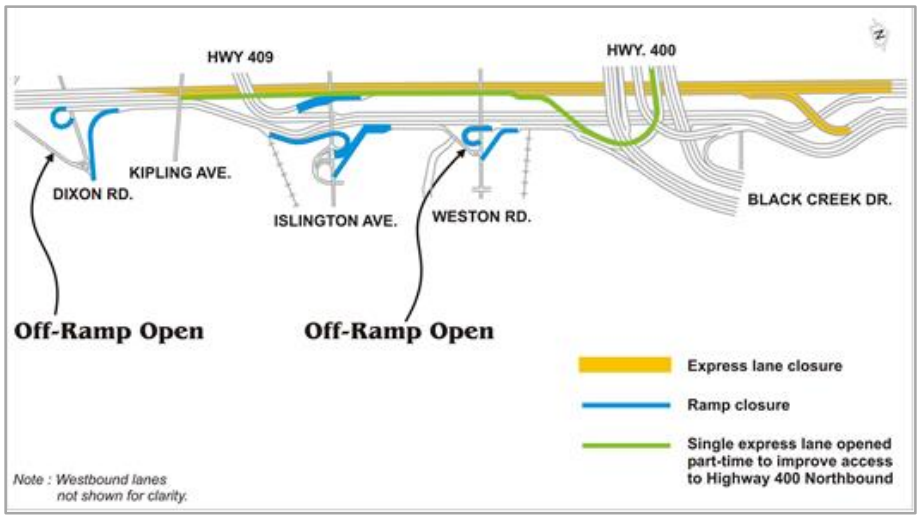


Figure 6: *Traffic Management Plan*

3.4.3. Communications Plan

The plan for public communications consisted of the following components:

- Stakeholder outreach, including the City of Toronto, emergency services agencies, and internal stakeholders;
- Notices of closure on the MTO web-site and through press releases and bulletins;
- Media advisories and public service announcements utilizing both radio and television;
- Advance notice signs at least 7 days in advance at key decision points approaching the work-zone on Provincial highways; and
- Extensive signage immediately before and during the closure on both highways and arterial roads affected by closures. These signs also identified alternative routes.



Figure 7: *Signing Plan*

3.4.4. Incident Management Plan

The incident management plan consisted of the following components (see Figure 8):

- Designation of three incident management zones to better organize incident response;
- Pre-stationed police patrols and tow-truck operators at key points through the work-zone to enable rapid response to incidents (collisions, break-downs, etc). These remained in place at all times during the closure.
- Continuous and real-time video monitoring of traffic operations throughout the work zone by the MTO team, facilitating quick identification and confirmation of incidents and dispatching of police and towing assets.

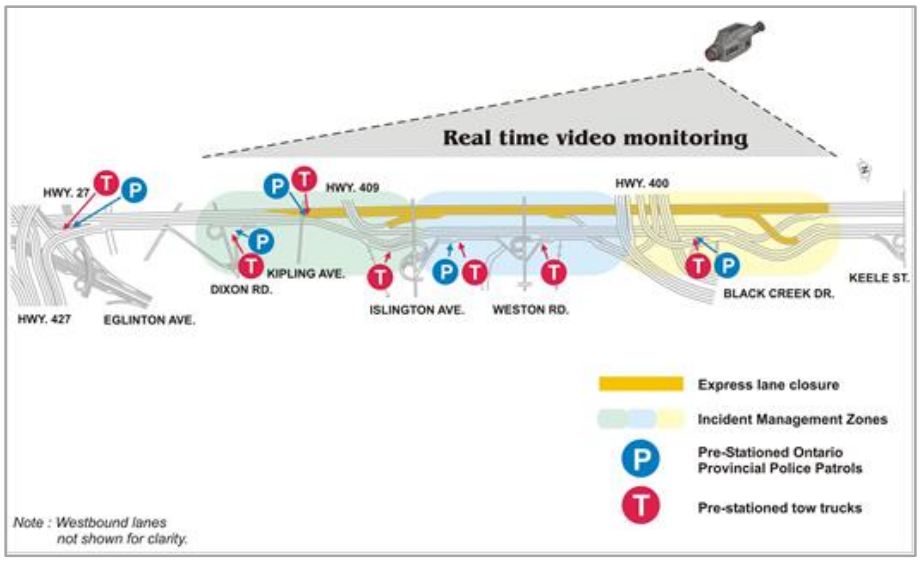


Figure 8: *Incident Management Plan*

4. IMPLEMENTING AND MONITORING THE CLOSURE

4.1. Implementation

4.1.1. Construction

The closure was implemented on two successive weekends – August 21, 22 and August 28,29, 2004.

The objective of this rehabilitation project was to replace almost 10,000 sq.m. of concrete road base and the overlying asphalt. During several overnight closures prior to the weekend closure, the contractors removed the existing asphalt (about 90 mm) and made saw cuts to transform the concrete base (200 mm) into smaller slabs to facilitate its removal.

During the weekend closure, the following tasks were completed for the 1.25 km., 2-lane section:

- Removal of the existing concrete base.
- Removal of 20 to 30 mm. of sub-grade (about 700 tonnes of material) to accommodate the new, thicker (230 mm.) concrete base. The sub-grade was then proof-rolled.
- Placement of Load Transfer Devices (LTD), dowel baskets secured by anchor rods.
- Placement of concrete using a slipform multi-function paver. The 7.3 metre-wide slab was placed in a single pass, complete with tie-bars, 2% cross-fall, and initial finishing. Concrete was supplied to the immediate work area by spreader and by a fleet of open trucks. Since the concrete being used had to be placed within 30 minutes of batching, a nearby (8 km.) concrete plant was utilized. The third express lane, along with the on-ramp from Carlingview Avenue (closed to other traffic), was utilized exclusively for construction vehicles and the trucks bringing concrete to the site, resulting in an average delivery time of 14 minutes.
- Final finishing of the concrete base, including wet-burlap dragging, edge-finishing, and sealing.
- Insertion of relief cuts.

Figure 9 depicts some of the phases of the construction sequence.



Figure 9: *Removing and Replacing the Concrete Road Base*

4.1.2. Traffic Operations

From a traffic operations perspective, traffic was slow on the first Saturday, August 21, as drivers adapted to the unprecedented closure. Over the three remaining days of the closure (Sunday, August 22, Saturday, August 28, and Sunday, August 29), traffic flow showed improvement as drivers took alternate routes or made their trips at different times of the day.

Some observations made during the closure were as follows:

- Traffic did keep moving through the work-zone area, typically at 40-60 km/hr;
- Queuing on Highway 401 did not often extend beyond Dixon Road. The queuing itself was dynamic in nature with traffic typically in more-or-less constant motion;
- There was a fairly constant queue of about one kilometer in length on Highway 409;
- As might be expected, the area of most noticeable congestion was at the lane drops entering the work-zone at the express/collector split. However, more drivers than expected attempted to use the single express lane kept open on a part-time basis to provide access to northbound Highway 400. Whereas it was anticipated that the primary queue would begin, as usual, in the vicinity of the ramps leading to and from Highway 400, drivers attempting to enter the single express lane resulted in the formation of a dynamic queue at the express/collector split. Eastbound traffic was effectively "metered" at this point, resulting in smoother traffic flow downstream.
- There was no significant congestion on the surface-street system as a result of diverted traffic.

4.1.3. Incident Management

During the four days of the closure, there were only ten minor collisions; no major incidents, injuries, or fatalities. Centralized monitoring by the MTO team of the ATMS video feeds and the ability to instantly notify and coordinate the incident response assets meant that the minor collisions that did occur within the closure area were cleared from the travelled way in only 3 to 5 minutes, thus minimizing the additional strain on the remaining open lanes.

The success of this incident management strategy exceeded the expectations of the MTO design team.

4.2. Monitoring

During the closure, a Ministry team monitored traffic conditions in real time and directed the deployment of the incident management assets. As part of the monitoring plan, they undertook travel time surveys on a more-or-less continuous basis, using global positioning system (GPS) technology. Traffic flows were monitored using ATMS loops and tracking systems.

5. POST-EVALUATION OF THE CLOSURE

Following the closure, an analysis was undertaken of traffic performance during the closure. Comparison of the observed performance with the "Criteria for Success" and with the performance projected using the VISSIM micro-simulation model is discussed below.

5.1. Traffic Levels and Diversion

In the planning phase, it was concluded that approximately 20 to 25 per cent of all trips normally on Highway 401 through the work-zone would need to be diverted to alternative routes.

The actual diversion achieved, in large part due to the implementation of the communications and traffic management plans, averaged 22 to 26 per cent. It varied throughout the work-zone as shown in Figure 10 below. An actual breakdown of the diversion; that required directly by ramp closures vs. "discretionary" diversion prompted by congestion or even the anticipation of congestion is not possible.

5.2. Traffic Conditions - Verification of the Simulation Results

This project represented a unique opportunity to verify the results of a micro-simulation analysis. Not only was the implementation of the closure only a matter of months after the development of the micro-simulation model and its application to the planning and evaluation process, but comprehensive monitoring of traffic variables was undertaken before and during the closure. The results of the micro-simulation evaluation of the closure were compared with observations of what actually happened - this comparison is provided below.

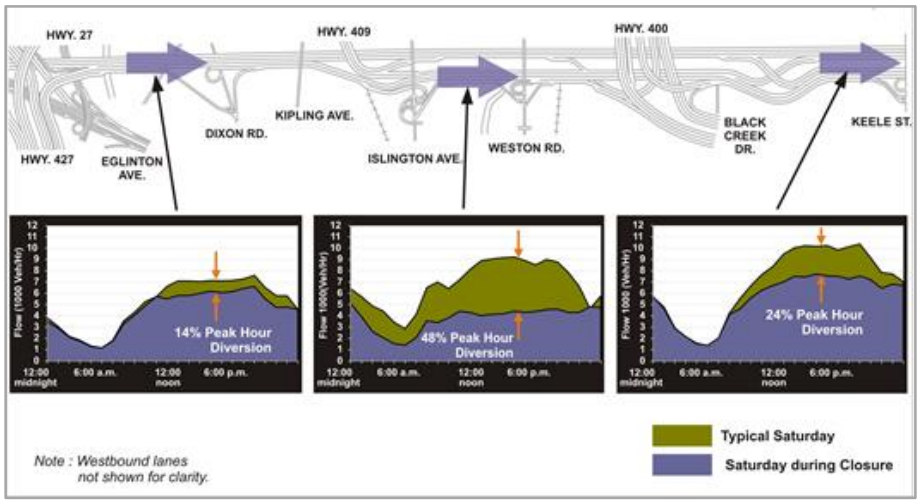


Figure 10: *Diversion Achieved During the Closure*

5.2.1. Delay Comparison

Figure 11 reports delays for Highway 401 approaching and through the closure area (from Highway 427 to the basket-weave west of Keele Street). Delays are compared for a typical weekday, a typical Saturday (before the closure), and the two Saturdays during the closure. These are compared with simulated travel times for the closure. Travel times are averaged over the morning peak period (6 am to 9 am) for the weekday and over the afternoon peak period (3 pm to 6 pm) for Saturday. This graph shows that the Ministry's objective of achieving traffic operating performance during the closure that was at least as good as that during the weekday morning peak period was satisfied. For travel through the study area (between Highway 427 and Keele Street), an average of 4.1 minutes delay was experienced during the closure (5.8 minutes for the first Saturday and 2.4 minutes for the second), compared to typical weekday morning delays of 10 minutes. In fact, the graph shows that some of the delays observed during the closure were closer to those recorded during a weekend before the closure (1.7 minutes).

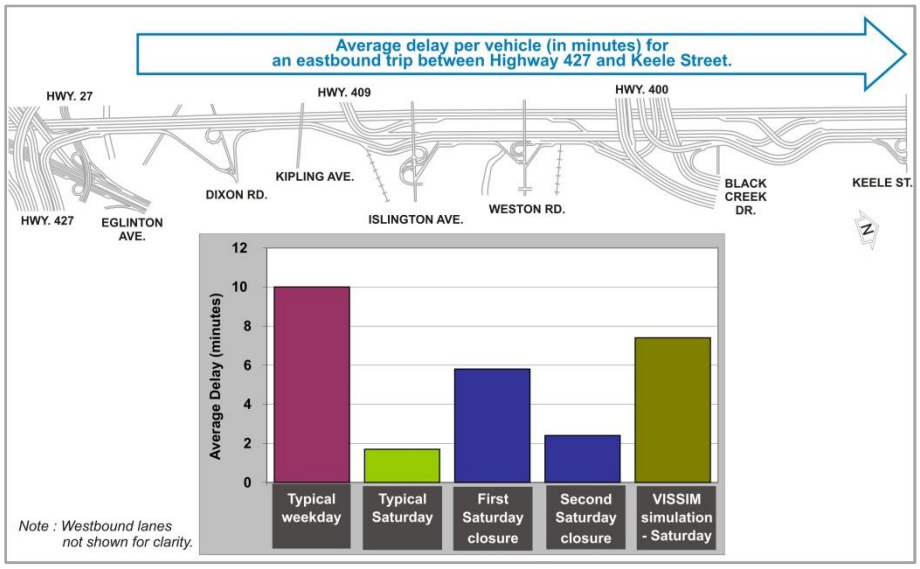


Figure 11: *Average Delay Comparison*

5.2.2. Queue Extent Comparison

Figure 12 shows the queues observed for a typical weekday morning peak period as well as those simulated for the Saturday afternoon peak period and the observed Saturday afternoon queue during the closure. The travel-time survey undertaken on a typical Saturday afternoon before the closure did not indicate any appreciable queue accumulation. It is important to note that neither the queue simulated on Highway 401, nor that experienced during the closure, were standing queues - traffic flowed more-or-less continuously, albeit at relatively slower speeds. In contrast, the queue observed on Highway 409 was essentially a standing queue, characterized by stop-and-go conditions.

The Highway 401 queue, as predicted by the VISSIM simulation, extended essentially from the merge of Highway 400 with Highway 401 back westward to Dixon Road. Recall that the MTO design team desired to have the queue extend no further than Highway 427. Due to congestion at the express/collector split (see discussion in Section 4.1), the observed queue during Saturday afternoon originated between Kipling Avenue and Highway 409 and extended back to a point between Dixon Road and Highway 427. Although the simulated queue and that actually experienced were of similar average length, they occurred in different locations.

In both the simulated and observed situations, the queue on Highway 409 originated near the merge with Highway 401 and extended to the northwest for approximately one kilometre.

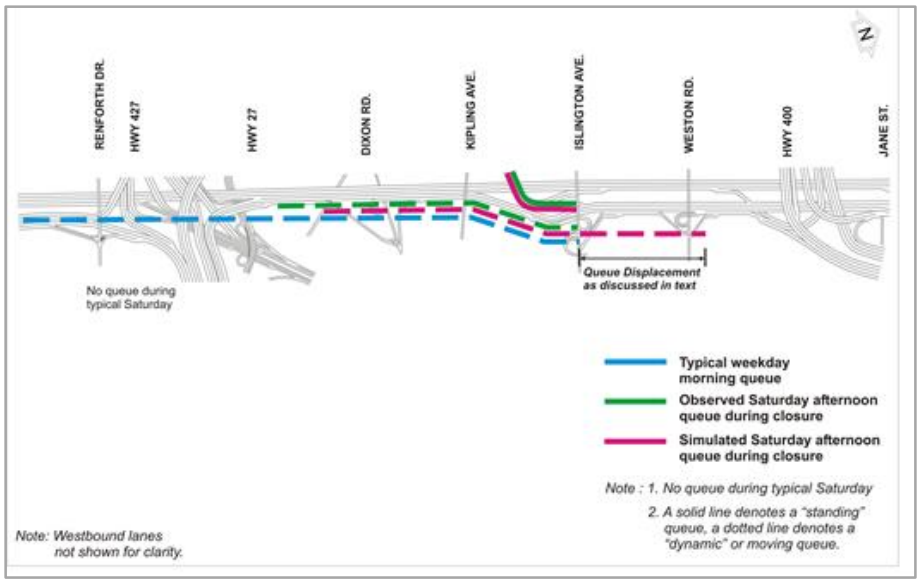


Figure 12: *Queue Extent Comparison*

5.2.3. Speed Profile Comparison

Figure 13 compares the relative speed profiles for the observed and simulated conditions, as well as for typical weekday and weekend peak-period conditions. The observed profiles for the two Saturday afternoons when the express lanes were closed generally lie above (higher speed) the profile for a typical weekday morning peak period and, in the case of the second weekend during the closure, the profile approximates that for a typical Saturday.

The simulated profile is very similar in shape to that for the first weekend of the closure except that it is displaced approximately 2 kilometres to the west - this is consistent with the discussion in the previous section.

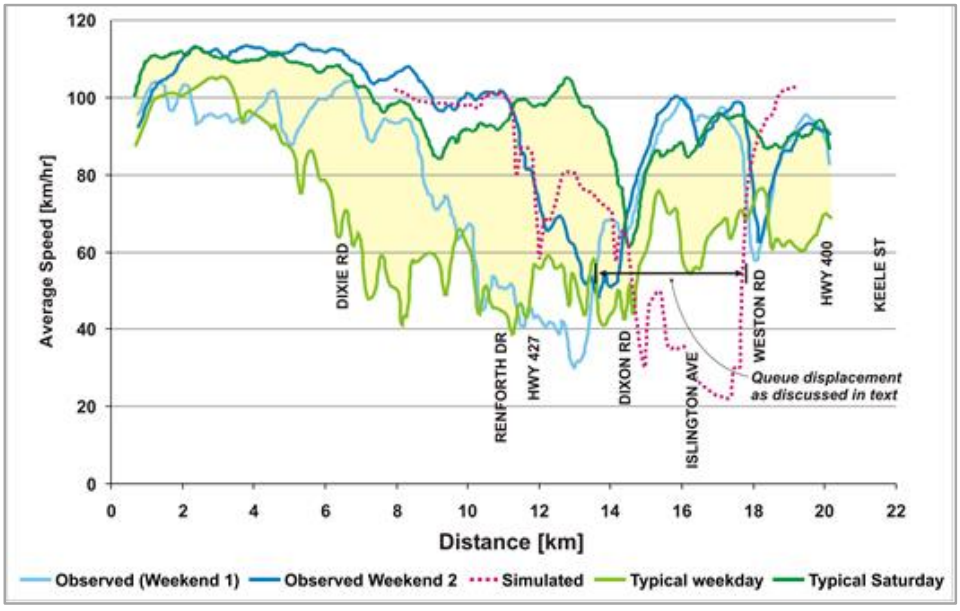


Figure 13: *Speed Profile Comparison*

5.2.4. Visual Comparison

Figure 14 provides several side-by-side comparisons of frames extracted from ATMS video shot at various locations throughout the closure with frames extracted from the VISSIM simulation for approximately the same times and locations. The visual correspondence between the two, best considered in terms of vehicular density, is quite striking, notwithstanding the differences in queue location mentioned previously.



Figure 14: *Visual Comparison of Observed vs. Simulated Conditions*

6. CONCLUSIONS

The successful closure met all planning and design criteria and no complaints were received from the public.

Significant savings in cost and time can be achieved through compression of road maintenance and rehabilitation project schedules. In reconstructing the pavement on a portion of the Highway 401 express lanes, $1.5 million in cost was saved, more than 70 overnight closures (and the consequent prolonged impact on the driving public) were avoided, and the project was completed five weeks earlier than would otherwise have been possible.

Large-scale closures of major facilities are feasible and can be implemented without traffic chaos provided that a comprehensive management strategy is implemented. In the case of this project, the overall strategy consisted of:

- A communications plan, including media coverage, advance signing at key decision points on the road system, and intensive signing around the work-zone to promote diversion of traffic away from the work-zone or to off-peak times of the day. In this case, traffic levels were reduced by about 25% compared to a typical weekend, partly due to the communications plan and partly due to interchange ramp closures..

- A traffic management plan, incorporating selected interchange ramp closures, careful design of the lane drops at the entrance to the work-zone, and part-time retention of a single lane to provide access to Highway 401.
- An incident management plan which included pre-stationing of police and towing assets and real-time video monitoring of the work-zone by the MTO design team to ensure that incidents could be managed quickly and effectively, with little resulting impact on traffic flow.

Micro-simulation is an effective tool for assessing the impact of lane and ramp closures on major roadways and for assessing alternative traffic management strategies. Video animation of simulated conditions during a closure can be a particularly effective input to the decision-making process.

"NOVA" TEHNOLOGIJA GRADNJE NOSIVIH SPREGNUTIH GRAĐEVINA ČELIČNIM SPIRALNIM CIJEVIMA I KONSTRUKCIJAMA OD VALOVITIH LIMOVA U GRADNJI PROMETNICA

Autor stručnog referata:
Mario Bogdan ing.građ.
Protekta d.o.o.
Ivana šibla 9
10000 Zagreb, Hrvatska
GSM +385 91 1229 703
e-mail: mario.bogdan@protekta.hr

Koautor stručnog referata:
Adam Czerepak
ViaCon Sp. z o.o.
ul.Przemysłowa 6
64-130 Rydzyna, Poland
GSM +48 607 394 387
e-mail: adam.czerepak@viacon.pl

Koautor stručnog referata:
Łukasz Olek
ViaCon Sp. z o.o.
ul.Przemysłowa 6
64-130 Rydzyna, Poland
GSM +48 605 391 219
e-mail: lukasz.olek@viacon.pl

Rezime:

Primjena čeličnog valovitog lima u gradnji prometnica poznata je više od 100 godina. Prve takve ploče proizvedene su 1784. godine, dok je njihova masovna proizvodnja započela tek 1890. godine [1]. Kako bi se svladali sve veći rasponi i omogućili veći protoci, 1931. godine prvi se puta koriste konstrukcije od valovitog lima koje su spajane na mjestu ugradnje. Čelični propusti se često izrađuju u zemljama s razvijenom čeličnom industrijom i skupom radnom snagom [2]. Usporedbom čeličnih spiralnih cijevi HelCor®, promjera do 3,6 m, čeličnih konstrukcija tipa MultiPlate MP200, raspona do 12,00m i SuperCor®, raspona do 25,50 m, sa konvencionalnim betonskim za jednaku statičku nosivost, čelični pokazuju brojne prednosti [3] [4] [5] [6]. Sve gore navedene prednosti će rezultirati njihovom intenzivnijom primjenom u projektiranju i izgradnji infrastrukture i u našem okruženju, to jest na području jugoistočne Europe (SEE) [6] [7].

1. UVOD

Tehnologija gradnje, propusta i prolaza, u niskogradnji i infrastrukturnim projektima primjenom čeličnih spiralnih cijevi i konstrukcija od valovitog lima, nije novijeg datuma. Graditelji je primjenjuju još od konca 19. stoljeća diljem cijelog svijeta, a u Europi od 50-ith godina 20. stoljeća. Njihova primjena na području SEE (SL, HR, BiH, SRB, ME, MNE …) je sporadične i gotovo zanemariva osim, samo dijelom, u Hrvatskoj, gdje se primjenjuju od početka 21. stoljeća (prvi objekt je izgrađen 2002).

Izvedba betonskih cijevnih propusta, prolaza, nadvožnjaka, mostova, retencija, …, na ovim prostorima, uobičajena je praksa i to iz više razloga: razvijena tehnologija proizvodnje i izvedbe u fazi građenja, obučena radna snaga, …

Primjena novih tehnologija gradnje u mnogome ovisi o nepoznavanju i neradom prihvaćanju novih tehnologija gradnje, ne usklađenost lokalnih propisa sa propisima, normama i standardima EU, …

Unatoč tome na dionicama AC: A1 dion. Zg-Ka, dion. Zd-Ši, A5 Koridor Vc dion. Đakovo–Osijek, A9 Istarski Y dion. Vodnjan Pula, dion. Baderna-Medaki, rekonstrukciji državnih cesta D-38, D-49, D-52, D-515, D-212, Ž-5031, Ž-5033, …, projektu Betterment, u vodogradnji, na prostorima Hrvatske je, na više lokacija, izvedeno stotinjak čeličnih propusta i prolaza kao isplativije i brže rješenje.

U ovom radu ćemo Vam, u kratko, pokušati približiti teorijske postavke osnovnih načela tehnologije, projektiranja, primijenjenih EU standarda, klasa i normi, gradnje, prednosti i primjene u cestogradnji ove specifične tehnologije koja je u načelu genijalno jednostavna. Za ove građevine kao i za sve ostale, vrijede pravila tehničke struke kojih se moramo pridržavati. Svi elementi koji su korišteni u gradnji gore navedenih građevina zadovoljavaju sve Europske standarde i norme te imaju sve potrebne certifikate Europske unije.

2. TEORIJSKE POSTAVKE I OPĆI DIO TEHNOLOGIJE GRADNJE NOSIVIH KONSTRUKCIJA ČELIČNIM VALOVITIM LIMOVIMA:

Statički definiran, stabilan i proračunat građevinski objekt tvore zajedničko djelovanje svoda u nasutom materijalu i potporne stjenke čelične cijevi ili konstrukcije. Takovim zajedničkim djelovanjem čelični cijevni propust ili prolaz je statički stabilan spregnuti građevinski objekt. Opterećenje koje djeluje u području tjemena uslijed nasipanja i kasnije pokretnog opterećenja (prometa), dovodi do ovalnog širenja čelične cijevi, što pomiče bočne stjenke prema tlu i upravo time aktivira otpor tla (pasivni pritisak tla). Na osnovi žilave elastičnosti čeličnog valovitog lima uspostavlja se stanje ravnoteže i to služi kao sunositelj.

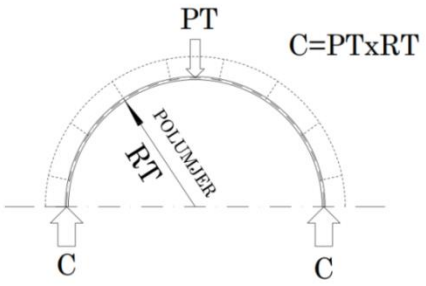
Općenito, trajnost i uporabivost građevina od čeličnih valovitih limova ovise, u najvećoj mjeri, o zadovoljenju pravila tehničke struke, pravilnoj ugradnji (kvaliteta nasipanog materijala, izvedba posteljice, zbijanje nasipa uz cijev, propisani nadsloj itd...), kvaliteti materijala i njegovoj antikorozivnoj zaštiti.

3. OPIS, ZNAČAJKE I NAMJENA PROIZVODA:

Fleksibilne, hladno oblikovane, spiralne cijevi od valovitog lima, kružne HelCor® i lučne HelCor PA®, povezane sa spojnicama te valovite čelične ploče, za izradu čeličnih konstrukcija, MultiPlate MP200 i SuperCor®, povezane s vijcima i maticama, koriste se u građevinarstvu, kao nosive spregnute i statički definirane građevine.

Takove spregnute konstrukcije su građevine izgrađene od čeličnih fleksibilnih cijevi ili konstrukcija od valovitog lima i okolnog nasutog i zbijenog tla a koriste se za cestovne i željezničke prometnice i ostale infrastrukturne projekte sa velikim opterećenjem.

Niski troškovi, kratko vrijeme instalacije – montaže i brzina izvođenja, zadovoljenje pravila tehničke struke, mogućnosti velikih nosivosti, lako produljenje, jednostavna rekonstrukcija i dogradnja , fleksibilnost rješenja, široki raspon oblika i veličina, mala težina cijevi i konstrukcije, visoki stupanj zaštite od korozije sa projektiranim vijekom trajanja od preko 100 godina, uvjetovali su široku primjenu čeličnih cijevnih prolaza i propusta od čeličnog valovitog lima i to u gradnji željezničke infrastrukture, cestogradnji, mostogradnji, vodogradnji, ostaloj niskogradnji i infrastrukturnim projektima, izgradnji podvožnjaka, propusta, zacijevljenja vodotoka, prolaza i prijelaza za životinje, sportsko-rekreacijskih objekata, nacionalnih parkova i parkova prirode, silosa, tunela za šljunčare i beskonačnih pokretnih traka za kamenolome, spremnika za tekućine, separatora, mastolova, retencija, …



Slika 1.

4. EU NORME, KLASE I STANDARDI ZA KVALITETAN ČELIK KAO SIROVINU,

4.1. Čelik koji se koristi za proizvodnju HelCor® i HelCor PA® spiralnih cijevi, kao i elemenata za spajanje cijevi je u skladu s europskim standardima: - PN-EN 10346:2011 "Kontinuirano obložena vrućim pocinčavanjem Trake i limovi od niskougljičnih čelika za hladno oblikovanje - Tehnički uvjeti isporuke"

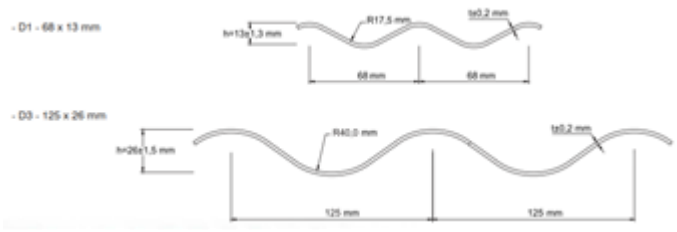
4.2. Čelik koji se koristi za proizvodnju MultiPlate MP200 čelične konstrukcije ima svojstva u skladu s europskim standardima: - EN 10025-2:2007 "Toplo valjani proizvodi od konstrukcijskih čelika - Dio 2: Tehnički uvjeti isporuke za ne legirano konstrukcijskih čelika".
- EN 10149-2:2000 "Oznaka Vruće valjani plosnati proizvodi od čelika sa visokom granicom razvlačenja za hladno oblikovanje - Uvjeti isporuke za termo mehanički valjane čelike".
Čelik se isporučuje s certifikatom 3.1 acc. EN 10204:2004
MultiPlate MP200 konstrukcije su proizvodi od čelika debljine od 2,50mm do 8,00mm.
Vijci i matice pocinčani su u skladu sa EN ISO 1461:2009. i isporučuju s certifikatom 3.1 acc. EN 10204:2004

4.3. Čelik koji se koristi za proizvodnju SuperCor® konstrukcije ima svojstva u skladu s europskim standardima: - EN 10025-2:2007 "Toplo valjani proizvodi od konstrukcijskih čelika - Dio 2: Tehnički uvjeti isporuke za ne legirano konstrukcijskih čelika". EN 10149-2:2000 "Oznaka Vruće valjani plosnati proizvodi od čelika sa visokom granicom razvlačenja za hladno oblikovanje - Uvjeti isporuke za termo mehanički valjane čelike". Čelik se isporučuje s certifikatom 3.1 acc. EN 10204:2006
Vijci i matice pocinčani su u skladu sa EN ISO 1461:2011. i isporučuju s certifikatom 3.1 acc. EN 10204:2006

5. PROJEKTIRANJE:

5.1. Geometrija oblika i valovitost lima:

5.1.1. HelCor® & HelCor PA® cijevi se proizvode od čelične trake debljine od 1,25mm do 3,5mm s dvije vrste valovitosti (koja ovisi o promjeru): D1 68x13mm - D3 125x26mm.
HelCor® cijevi se izrađuju s promjerom od Ø300mm do Ø3600mm.



Slika 2. *Valovitost HelCor®*

HelCor PA ® cijevi se izrađuju s dimenzijama od 1,34 m raspona i 0,97 m visine do 3,67 m raspona i 2,61 m visine. Standardne duljine cijevi su HelCor® 6, 7 i 8 m, međutim, proces proizvodnje omogućuje proizvodnju bilo koje duljini cijevi. Kako bi se dobila projektirana duljinu cijevi, segmenti su spojeni sa spojnicom. Spojke su izrađene od valovitog ili ravnog čelika. Prema promjeru, dimenziji i namjeni cijevi, koriste se različite vrste i širine spojke.

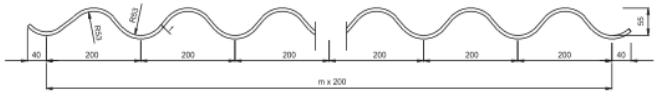


Slika 3. *Propust HelCor® na paralelnom poljskom putu na Koridoru Vc AC A5 dionica Đakovo – Osijek – HR*

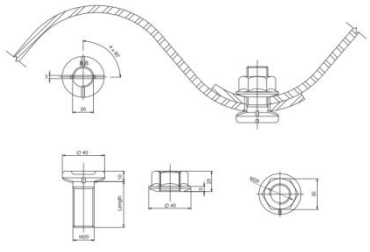


Slika 4. *Propust HelCor® u trasi na Koridoru Vc AC A5 dionica Đakovo – Osijek – HR*

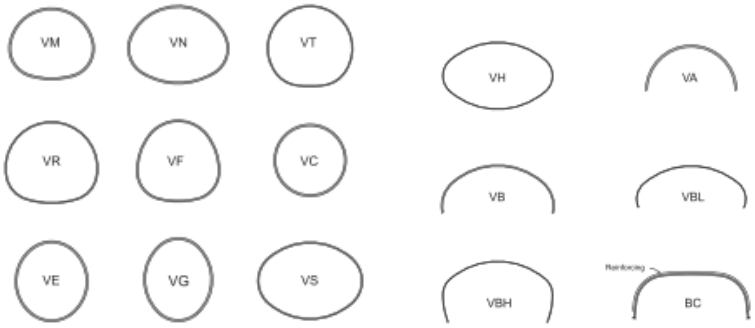
5.1.2. MultiPlate MP200 čelične konstrukcije su valovitosti sa duljinom vala je 200 mm a visina vala je 55 mm a za spajanje se koriste pocinčani 20 mm vijci klase 8,8. i dužine: 32, 37, 45, 50, mm.
Oblik I veličina MultiPlate MP200 čelične konstrukcije su geometrije oblika kako slijedi: Svi parametri geometrije oblika profila prikazani su u tablicama u katalogu proizvoda.
Moguće je projektirati I druge geometrije oblika, ali to mora biti usklađeno s službom tehničke pripreme i projektiranja. MultiPlate MP200 fleksibilne nosive čelične konstrukcije su raspona do 12,00 m



Slika 5. *Valovitost MultiPlate MP200*



Slika 6. *Spajanje MultiPlate MP200*

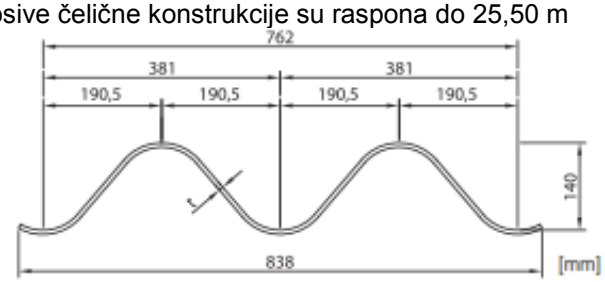


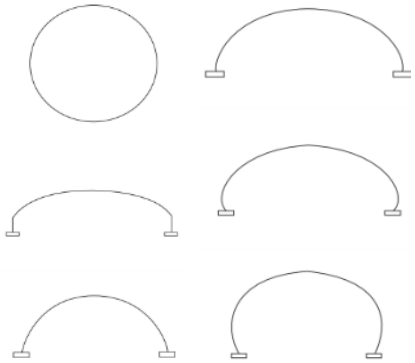
Slika 7. *Oblici MultiPlate MP200*



Slika 8. *Primjer MultiPlate MP200 - Poljska*

5.1.3. SuperCor® čelične konstrukcije su proizvodi od čelika, debljine 5,50 mm, 7,00 mm i 8,00mm. Za standardne debljine: čelik na skladištu, vrijeme proizvodnje za konstrukciju je 4 – 5 tjedana.
SuperCor® čelične konstrukcije su valovitosti: duljina vala je 381 mm a visina vala je 140 mm.SuperCor® čelične konstrukcije su geometrije oblika kako slijedi:
Svi parametri geometrije oblika profila prikazani su u tablicama u katalogu proizvoda.
Moguće je projektirati I druge geometrije oblika, ali to mora biti usklađeno s službom tehničke pripreme i projektiranja.
SuperCor® fleksibilne nosive čelične konstrukcije su raspona do 25,50 m





Slika 9. *Valovitost i oblici SuperCor®*

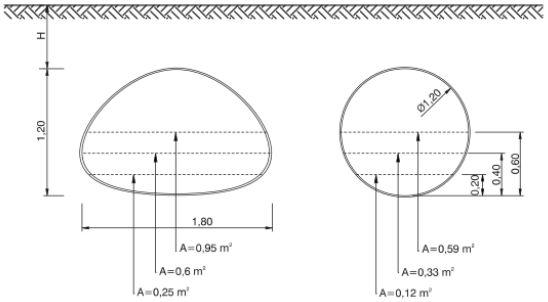


Slika 10. *Prijelaz za životinje SuperCor® - AC A2 – Poljska*

5.2. Hidraulika:

Za iste razine vode cijevi čeljusnog oblika imaju 65% - 100% bolji kapacitet protoka vode nego kružni jednake visine. Hidrološkom analizom, pripadnog dijela slivne površine, definirane su mjerodavne protoke odgovarajućih povratnih perioda. Hidrauličko dimenzioniranje cijevnog propusta vršimo na taj mjerodavni protok: Qmj = Qmax = Qgod = [m³/s]
Proračun se vrši iterativno sa pretpostavljenom površinom i zadanom duljinom dužine cijevi.

$$Q_P = \mu \times F\sqrt{2g \times \Delta H} \qquad \left[m^3 / s\right]$$



Slika 11. *Hidraulička svojstva čeličnih cijevi i konstrukcija*

5.3. Antikorozivna zaštita i trajnost konstrukcija:

Otpornost na koroziju čelika je glavni čimbenik koji uvjetuje trajnost čelične spiralne cijevi ili konstrukcije, a one su dimenzionirane tako da im trajnost može biti duža od 100 godina.

5.3.1. Čelik se isporučuje sa tvorničkom cinkovnom zaštitom od korozije:

600g/m2 vruče cinčanog premaza s obje strane, što je ekvivalent za 42µm.
1000g/m2 vruče cinčanog premaza s obje strane, što je ekvivalent za 70µm.

5.3.2. Čelik se isporučuje sa tvorničkom cinkovnom zaštitom od korozije i polimernom folijom

600g/m2 vruče cinčanog premaza s obje strane, što je ekvivalent za 42µm na svakoj strani s dodatnim, s jedne ili obje strane, 250µm debelim, slojem TrenchcoatTM ili W-Protect® polimernim filmom – folijom.

5.3.3. Zaštita u obliku žrtvene debljinu čelika

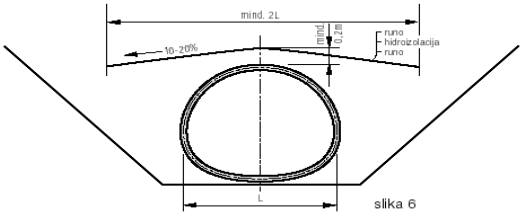
Povećanje debljine čelika od 1mm na zahtijevanu po statičkom računu.

5.3.4. Sustav zaštite od korozije nazvan ViaCoat

Kako bi produžili trajnost čelične konstrukcije (osobito u agresivnom mediju) postoji mogućnost primijeniti dodatnu zaštitu od korozije u obliku epoksida ili epoksida i poliuretanskog premaza. Zaštita čelične konstrukcije sa slojem cinka i epoksid premaza stvara tzv ViaCoat sustav. Minimalna prianjanja epoksidom i bojom na bazu cinka, mjerena pull-off metodom, treba biti 4 MPa. Da bi se dobio pravilan učinak zaštite, premaz bi trebao biti primijenjen u posebnim uvjetima (zatvorena komore s kontroliranom temperaturom i vlažnosti) održivog tehnološkog procesa. Standardni bojani sustav je sa 200µm EP ili 100µm EP + 100µm PU s bojom RAL 7035 za EP ili 1013 za PU i isporučuje se s Certifikatom o nanošenju epoksida i boje.

5.3.5. Pokrovna "kišobranska" hidroizolacija

Kod upotrebe čeličnog cijevnog propusta ili prolaza ispod prometnica koje se posipaju solju ili da bi zaštitili konstrukciju od procjeđivanja agresivnih medija preporuča se iznad cijevi ugraditi pokrovnu hidroizolaciju (minimalno 20 cm iznad tjemena), u obliku kišobrana sa padom od 10 – 20 % i širine 2 x L (L = raspon konstrukcije) sa pokrovom od geomembrane u jednom i geotekstila u dva sloja.



Slika 12. *Pokrovna – "kišobranska" hidroizolacija*

5.3.6. Zaštita hladnim bitumenskim premazom.

Nakon primjene jedne od gore navedenih mjera čeličnu konstrukciju moguće je, na gradilištu nakon montaže a prije zatrpavanja i zbijanja nasipnim materijalom, zaštititi i hladnim premazom tekućeg bitumena.
Čelična konstrukcija od ploča mora biti pocinčana u skladu sa EN ISO 1461:2011.
Vijci i matice moraju biti pocinčani u skladu sa EN ISO 1461:2011.
Debljina Cinka se određuje pomoću magnetske metode u skladu s EN ISO 2178:1998. Svaka čelična konstrukcija se isporučuje s certifikatom o pocinčavanju.

		Non-aggressive environment	Aggressive environment
Air aggressiveness category according to EN ISO 12944-2		- C1 - C2	- C3 - C4 - C5-I, C5-M
Water parameters		- pH from 6,5 to 8,0 - hardness of water≥ 20mg Ca/l - speed of water ≤ 1,5 m/s	- pH from 3,0 to 6,5 & from 8,0 to 12,0 - hardness of water < 20mg Ca/l - speed of water > 1,5 m/s
Soil parameters		- pH from 6,0 to 8,0 - soil permeability k ≥ 8,0 m/24h - no organic parts - ununiformity index C_u ≥ 5 - humidity ≤ 17%	- pH from 3,0 to 6,0 & from 8,0 to 12,0 - soil permeability k < 8,0 m/24h - contains organic parts - ununiformity index C_u < 5 - humidity > 17%
Anticorrosive protection endurance	**Zinc coating 42µm (600g/m^2)**	min. 40 years	Not recommended
	Zinc coating 70µm (1000g/m^2)	50 - 70 years	20 – 50 years
	Zinc coating 42µm (600g/m^2) + polymer coating 250µm	over 100 years	80 to 100 years

Slika 13. *Vrsta zaštite – uporabivost - trajnost*

5.4. Sposobnost nosivosti:

Prema europskoj normi EN 1991 - 2:2007 čelične spiralne cijevi od valovitog lima HelCor®, HelCor PA®, čelične elastične spregnute konstrukcije od valovitih limova MultiPlate MP200 i SuperCor® mogu se koristiti za svaku klasu cestovnog i željezničkog opterećenja (do računske brzine V = 200 km/h). Statički račun je rađen prema Sundquist - Petterson metodi i Euro Code.

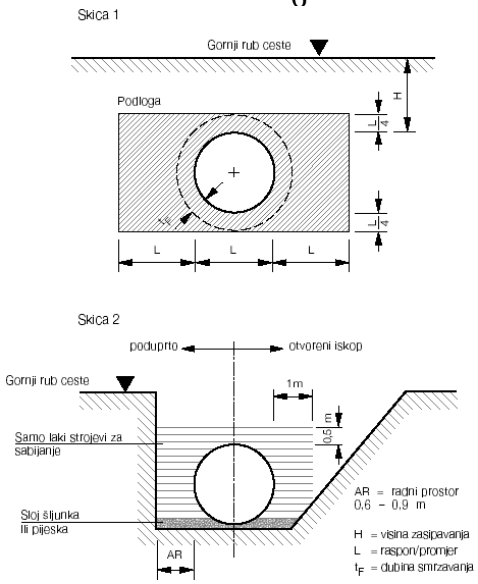
5.5. Područje utjecaja tla, zatrpavanje i zbijanje:

Svojstva podloge temeljnog tla moraju odgovarati uvjetima kakvi se postavljaju za izradu donjeg ustroja u cestogradnji. U tom smislu treba uzeti u obzir važeće propise. Kod ispravnog donjeg ustroja za čelični cijevni propust gustoća podloge ispod propusta mora iznositi 100% jednostavne zbijenosti po Proctoru za nevezana i 97% jednostavne zbijenosti po Proctoru za vezana tla. Kod većih visina nasipa dopuštena je, u skladu s citiranim propisima, odgovarajuća manja gustoća zbijenosti podloge, no ona ni u kojem slučaju ne smije biti ispod vrijednosti 95% za nevezana odnosno 92% jednostavne zbijenosti po Proctoru za vezana tla.
Ako dotično tlo ne postiže ove vrijednosti i navedene karakteristične vrijednosti materijala (modul stišljivosti, veličina zrnaca, kut trenja, i dr.) što je slučaj npr. kod plastičnog ili organskog tla, onda je potrebno provesti zbijanje ili zamjenu podloge.
Izvođač se mora pažljivim ispitivanjem uvjeriti, da je nosivost podloge propusta i ispune osigurana, kako u geološkom tako i u mehaničkom pogledu. Nadalje treba paziti, da se vezivna tla za vrijeme gradnje ne navlaže niti omekšaju.
Da bi se čelična konstrukcija besprijekorno ukopala preporučljivo je nasuti na donji ustroj sloj šljunka i pijeska debljine cca. 10-20 cm i po potrebi, kod većih raspona, predprofilirati podlogu. Ovaj sloj se može uračunati u minimalne debljine podloge propusta. Zbijanje u međuprostorima mora se izvesti pažljivo ručnim nabijačem ili vibratorom. Zbog zatrpavanja međuprostora sa svake strane konstrukcije potrebno je ostaviti radni prostor od 0,65 - 0,80 m.
Za popunjavanje međuprostora moguće je upotrijebiti i mulj, no nikako kod vezivnih podloga. Područje u kojem tlo u velikoj mjeri utječe na nosivost spiralnog cijevnog propusta (zona utjecaja tla) prikazano je na skici br. 1 iscrtanim linijama. U ovom području materijal mora biti propusno stabilan i otporan na smrzavanje.
U neposrednom području zatrpavanja propusta ne smije biti djelovanja nikakvih vanjskih sila (npr. temelji).
Ispuna se nanosi i zbija istovremeno s obje strane cijevi u ravnomjernim slojevima debljine 20 - 30 cm po cjelokupnoj širini građevinske jame. Pri tome se u području 0,5 m bočno i iznad tjemena cijevi smiju koristiti samo laki strojevi za nabijanje s maksimalnim djelovanjem u dubinu od 0,30 m (skica 1). Strojevi za zbijanje voze se paralelno uz propust.

5.6. Dopušteni nadsloj, križanje osi pod kutom i obloga ulaza i izlaza čelične cijevi ili konstrukcije:

5.6.1. Najmanja dopuštena visina nadsloja H je, (Si = promjer):za:

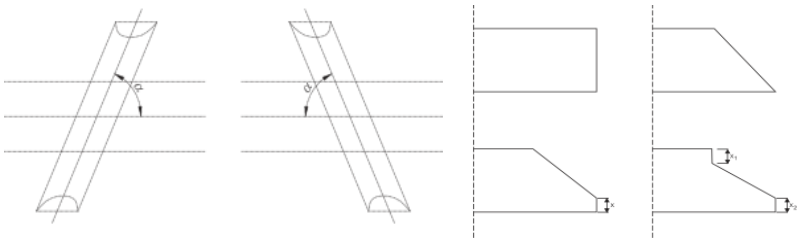
željeznice: $H = \frac{Si}{4}\ [m]$ ≥ 0,6 [m] ceste: $H = \frac{Si}{6}\ [m]$ ≥ 0,6 [m], $H = \frac{Si}{8}\ 0{,}2[m]$



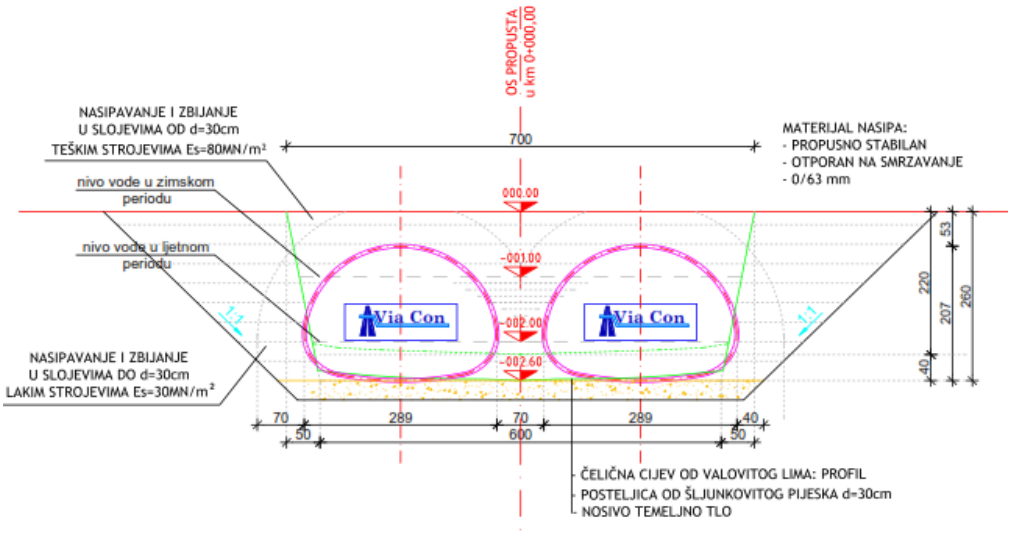
Slika 14. *Zatrpavanje i zbijanje*

5.6.2. Nagib i kut križanja:

Nagib i kut križanja podrazumijevaju prilagođavanje postojećoj kosini kao svrhovitu izvedbu završetaka propusta. Za ekstremno blage kosine (1:3 i blaže) i kut križanja manji od 45° (kod profila s rasponom preko 7 m pod manje od 60°) iz razloga ekonomičnosti preporuča se prilikom projektiranja odabrati veću duljinu cijevi i kut reza od 90° te kosinu prilagoditi propustu.



Slika 15. *Križanje osi pod kutom te ulaz i izlaz*



Slika 16. *Radna jama, materijal za zatrpavanje, zbijanje*

U svakom slučaju, međutim, treba voditi računa o posebnim uputama koje se nalaze na planu montaže. Zatrpavanje kosih rezova završetaka mora se pažljivo izvesti. Ni u kojem slučaju ne smije doći do reza uslijed velikog nabijanja. Ulaz i izlaz propusta ili prolaza od čelične konstrukcije prate pokose nasipa ceste, visina minimalnog reza od dna je dostupna za svaki profil u tablicama u katalogu i taj dio se radi ljevkasto do dna nožice nasipa ceste odnosno korita vodotoka.



Slika 17. *Obloga portala ulaza i izlaza građevine – gabioni – kamen*



Slika 18. *Obloga portala ulaza i izlaza građevine - AB zidovi i krupni kamen u betonu – Kutjevo – HR*

5.6.3. Obloge ulaza i izlaza konstrukcije:

Obloge "usta" građevina uvjetovane su projektnim zahtjevima, pravilima tehničke struke, čestim promjenama nivoa vodotoka ili bujičnim vodama i uklapanjem u okoliš, bio on prirodni ili urbani a zadovoljiti i razinu estetike, urbanističkih uvjeta, očuvanja okoliša i prirodnih staništa biljnog i životinjskog svijeta, …
Izrada najčešće primjenjivane obloge a ovisno o namjeni objekta i gore navedenom uključuje izradu:

- trakastih temelja,
- krila zidova,
- i obloge po obodu čelične konstrukcije po pokosu nasipa,
  sa materijalima ili konstrukcijama od:
  - kamena,
    - suhozid
    - potopljen u svježi beton
    - kombinacija sa AB zidovima
  - betonskih opločnjaka,
  - potpornih zidova od armiranog tla,
  - gabiona,
  - zatravljenih ili na drugi način stabiliziranih nasipnih materijala,
  - drvenih obloga,
  - armiranog betona,
  - mješovite obloge sa temeljenjem i vertikalnim zidovima od AB, kamena, drveta, … a obodu portala po pokosu nasipa AB, kamen, opločnjaci, stabilizirano tlo,drvo, …



Slika 19. *Obloga portala ulaza i izlaza građevine sa drvenim oblicama – šumski putovi - Poljska*

5.7. Pravilna izgradnja spregnute fleksibilne nosive konstrukcije

- Iskop i priprema radne jame.
- Priprema posteljice prikladne veličini konstrukcije.
- Dovoz i istovar dijelova čelične cijevi ili konstrukcije na gradilište.
- Pravilna montaža i sklapanje po uputama proizvođača, projektanata i nadzornog inženjera.
- Primjena propisanog materijala i radnji za zatrpavanje i zbijanje.
- Pažljiva gradnja sa zaštitom konstrukcije, u tijeku montaže od teških, točkastih i ostalih nepredviđenih opterećenja i utjecaja.
- Koristiti materijale za drenažu i odvodnju.
- Redovita kontrola geometrije oblika i dozvoljenih odstupanja tijekom gradnje.
- Zaštita konstrukcije od oborina - tuneli, podvožnjaci.
- Izgraditi dodatne dijelove konstrukcije (betonski pragovi, opločnjaci, zaštita od erozije,…)

Materijal za nasipavanje: Sukladno spregnutosti konstrukcije jednako važno kao projektiranje čelične konstrukcije je i kvalitetan materijal i pravilno zatrpavanje i zbijanje. Materijal koji najčešće ispunjava sve postavljene uvjete je mješavina pijeska i šljunka, veličine zrna od 0-43 mm, propusno stabilan i otporan na smrzavanje. Pravilna kontrola kvalitete nosivog temeljnog tla, izrada posteljice, ugradba materijala mora se obaviti po uvjetima opisanim u poglavlju [5.5.] područje utjecaja tla, zatrpavanje i zbijanje.

5.8. Projektiranje podvožnjaka i propusta

Prema zadanim dimenzijama podvožnjaka, smjernicama za projektiranje i zahtijevanoj geometriji oblika odabiremo profil iz ponuđenih geometrija oblika. Kod hidrauličkog dimenzioniranja propusta određujemo, na osnovu hidrološke analize, mjerodavnu protoku za izračun i primjenom metoda (npr. Iterativni hidraulički proračun) hidrauličkog proračuna određujemo zahtijevanu površinu odnosno profil iz ponudbenog izbora geometrije oblika.

5.9. Projektiranje konstrukcija

Za sve ceste i željezničke pruge i ostale infrastrukturne projekte prema opterećenju klase acc. Eurokodu 1 HR 1991-2 i nacionalnim standardima kao i za (STANAG 2021) opterećenja.

- Odrediti funkciju konstrukcije: most, propust, podvožnjak, retencija, …,
- Odabrati oblik, ovisno o funkciji konstrukcije,
- Odrediti svijetli otvor: protoka, zahtijevani profil, …,
- Odrediti po potrebi zakrivljenost osi ili dodatne elemente,
- Odrediti geomehaniku tla i podloge,
- Odrediti visinske kote,
- Odrediti pokretno i stalno opterećenje,
- Odrediti način i vrstu materijala za zasipavanje i zbijanje,
- Napraviti statičke izračune, deformacije tijekom gradnje, kontrolirati deformacija,
- Predvidjeti dodatne elemente (npr. pojačavanje rebra) ako je potrebno, kut križanja, …
- Odabrati metodu montaže, na licu mjesta, u dijelovima pokraj građevine, …
- Odabrati antikorozivnu zaštitu, ovisno o zahtijevanoj trajnosti,
- Uzeti u obzir toleranciju prilikom projektiranja konstrukcije,
- Procijeniti rad i troškove montaže,
- Odabrati način obrade ulaza i izlaza, prilagoditi prirodnom ambijentu.

6. PRIMJERI IZGRAĐENIH NOSIVIH SPREGNUTIH GRAĐEVINA OD ČELIČNIH SPIRALNIH CIJEVI I ČELIČNIH KONSTRUKCIJA OD VALOVITIH LIMOVA PRIMIJENJENIH U CESTOVNOJ INFRASTRUKTURI EU I JUGOISTOČNE EUROPE.



Slika 20. *Propust na potoku Slapnica – Park prirode Žumberak - HR*



Slika 21. *Propust – "duplonka" – D38 – Đakovo – Pleternica – HR*



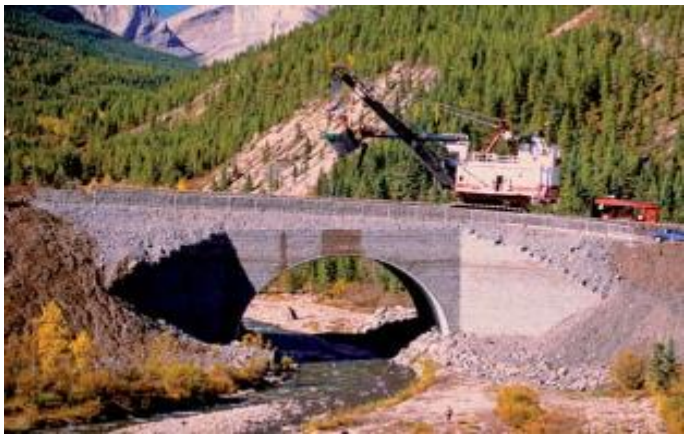
Slika 22. *Montaža konstrukcije MultiPlate MP200 pokraj radne jame i postavljanje na posteljicu – HR*



Slika 23. *Lučna konstrukcija MultiPlate MP200 Petrova gora – Propust na poučnoj pješačkoj stazi - HR*



Slika 24. *Prijelaz za životinje AC A2, Poljska*



Slika 25. *Građevina sa najvećom SuperCor® konstrukcijom na svijetu, Stroj za pružne građevine težine 1.100t kao probno opterećenje – Canada*



Slika 26. *Nadvožnjak državna cesta – Poljska*

7. LITERATURA

[1] Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products, Second Canadian edition, Canadian Corrugated Steel Pipe Institude and American Iron and Steel Institute, 2007.
[2] Dragčević, V. & Rukavina, T.:Donji ustroj prometnica, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2006.
[3] Helically Corrugated Steel Pipes – HelCor® & HelCor PA®, http://viacon.pl/en/do-pobrania
[4] Buried Flexible Steel Structures – MultiPlate MP200 – Multipurpose Technology, http://viacon.pl/en/do-pobrania
[5] Buried Flexible Steel Structures – SuperCor® – New Generation Bridges, http://viacon.pl/en/do-pobrania
[6] Bogdan, M.: Zamjena dotrajalog mosta Požeška Koprivnica 4 novim mostom, 2009., http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-61-2009-03-09.pdf
[7] Bogdan M.: Glavni projekt Tehnički opis sa smjernicama za gradnju, Prolaz za životinje, Istarski Y, 2009.

ISPITIVANJE NOSIVOSTI MANEVARSKIH POVRŠINA NA AERODROMU PODGORICA – PRORAČUN PCN-a

Ivan Andrić[1],
VIA Projekt, andric2i@yahoo.com

SuzanaStefanović[2], Dragan Stojnić[3]
Institut za puteve a.d., kolkon@eunet.rs

Rezime: *Aerodrom u Podgorici je deo primarne saobraćajne infrastrukture Crne Gore i predstavlja objekat od izuzetnog privrednog značaja, posebno u domenu turističke ponude. U cilju dobijanja jasnije slike o funkcionalnom i strukturnom kapacitetu u odnosu na očekivano saobraćajno opterećenje izvršeno je ispitivanje da bi se utvrdilo stanje kolovozne konstrukcije manevarskih površina aerodroma. Ovaj rad je napisan sa ciljem da se stručna javnost na konkretnom primeru upozna sa metodom determinisanja relativne nosivosti kolovozne konstrukcije aerodromskih manevarskih površina - proračun PCN broja.*

Ključne reči: *PCN broj, relativna nosivost, kolovozna konstrukcija, manevarske površine.*

1. UVOD

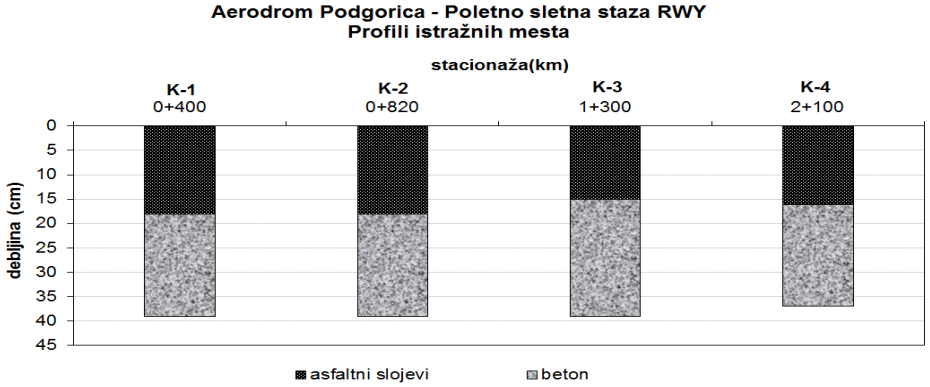
Aerodrom u Podgorici zajedno sa aerodromom u Tivtu je deo primarne saobraćajne infrastrukture Crne Gore i predstavlja objekte od izuzetnog privrednog značaja, posebno u domenu turističke ponude. Poletno-sletna staza izgrađena je od 12 redova cement-betonskih ploča dimenzija 3,75x6,0m, rulna staza izgrađena od 4 reda cement-betonskih ploča dimenzija 3,75x6,0m,dok su spojnice izgrađena od 4 reda cement-betonskih ploča dimenzija 3,75x6,0m, odnosno 2,25x6,0m.

2. ANALIZA UTICAJNIH FAKTORA

Institut za puteve a.d. Ogranak za kolovozne konstrukcije je izvršio sve potrebne terenske radove i laboratorijske analize. Analizirana su fizičko-mehanička svojstva slojeva kolovozne konstrukcije, funkcionalno stanje kolovozne konstrukcije, ocena strukturnog stanja kolovozne konstrukcije i eksploatacioni uslovi.

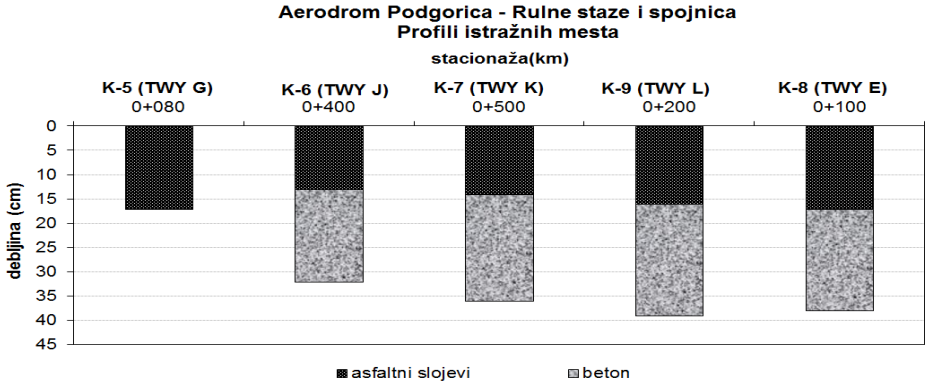
2.1. Utvrđivanje strukture kolovoza

U februaru 2013. godine vršeni su istražni radovi – jezgrovanje betonskih i asfaltnih kernova i bušenje istražnik bušotina. Radi utvrđivanja strukture u kolovoznoj konstrukcij vršena su istražna bušenja na 11 lokacija (4 na PSS, 4 na rulnim stazama TWY G / J / K / L, 1 na spojnici TWY E i 2 na platformi-stari beton).Utvrđene debljine slojeva i vrste materijala u istražnim mestima prikazane su na slikama 1, 2 i 3.

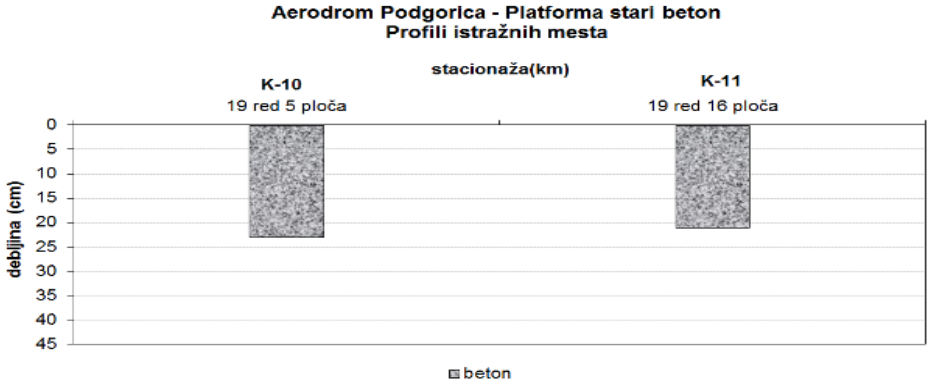


Slika 1*: Struktura kolovozne konstrukcije na Poletno-sletnoj stazi*

[1] dipl. inž. građ. projektant, VIA Projekt, Beograd, andric2i@yahoo.com
[2]dipl. inž. građ. projektant, Institut za puteve a.d., Beograd
[3]dipl. inž. građ. projektant, Institut za puteve a.d., Beograd



Slika 2*: Struktura kolovozne konstrukcije na Rulnoj stazi i Spojnici E*



Slika 3*: Struktura kolovozne konstrukcije na Platformi stari beton*

2.1.1. Fizičko mehaničke karakteristike asfaltnih slojeva

U februaru 2013. godine vršeni su istražni radovi – jezgrovanje asfaltnih kernova poletno sletne staze, rulnih staza i spojnice (RWY, TWY G/J/K/L i TWY E). Uzeti su uzorci sa 9 lokacija u cilju Ispitivanja asfaltnih kernova, asfaltne mase iekstaktovanog bitumen. Na osnovu dobijnih vrednosti penetracije (Pen) i tačke razmekšavanja (Tpk) zaključuje se da je bitumen pretrpeo velike oksidacione promene usled uticaja sredine i interakcije sa kamenim agregatom, tako da je tvđi od bitumena BIT 15.

2.1.2. Fizičko mehaničke karakteristike cement-betonskih ploča

Radi utvrđivanja mehaničkih karakteristika cement-betonskih ploča (ispitivanja čvrstoće pri pritisku i čvrstoće pri savijanju cepanjem) vršeno je jezgrovanje betonskih kernova na poletno-sletnoj i rulnim stazama Aerodroma u Podgorici. Ukupno je izvađeno 30 uzoraka. Dobijena srednja vrednost čvrstoće pri pritisku betona za sva ispitna mesta preračunata na kocku ivice 20cm, na dan ispitivanja, određena ispitivanjem dostavljenih uzoraka je 67.41 MPa (Teh.uslovima zahtevano min 39 MPa). Dobijena srednja vrednost čvrstoće pri zatezanju savijanjem betona za sva ispitna mesta, na dan ispitivanja, određena ispitivanjem dostavljenih uzoraka je 5.4 MPa (Teh. Uslovima zahtevano min 4.8 MPa).

2.1.3. Karakteristike materijala tamponskom sloju

U celini gledano, sa inženjerskogeološkog aspekta, izučavani teren je izgrađen od peskovitog šljunka (velike debljine). Radi se o dobro granuliranom šljunku, mestimično sa sadržajem valutaka, krupnoće do 10 cm. Preovlađuju zaobljena zrna karbonatnog sastava, dobro granulirana, ujednačenih fizičko-mehaničkih karakteristika. Tamponski sloj postojeće konstrukcije na poletno-sletnoj stazi, rulnoj stazi i spojnicama izgrađen je od prirodnog šljunka uz primese drobljenog kamena.Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja materijala u tamponskom sloju zaključeno je da materijalispunjava osnovne kriterijume definisane u Tehničkim uslovima za sloj kolovozne konstrukcije.

2.1.4. Sintezni prikaz karakteristika slojeva kolovozne konstrukcije

Sintezni prikaz karakteristika slojeva kolovozne konstrukcije manevarskih površina Aerodroma u Podgorica dobijenih terenskim dat je u tabeli 1.

Tabela 1*: Sintezni prikaz karakteristika slojeva kolovozne konstrukcije Aerodroma u Podgorici*

Asfaltni slojevi	
Debljina	Debljine izvedenih slojeva približno su jednake projektovanim
Zbijenost	Zbijenost izvedenih slojeva zadovoljava zadate kriterijume
Bitumen	Tip bitumena ne odgovara projektovanom tipu, bitumen je pretrpeo oksidacione promene
Betonski sloj	
Debljina	Debljine izvedenog sloja približno su jednake projektovanim
Marka betona	Postojeće betonske ploče zadovoljavaju u pogledu marke betona
Tamponski sloj	
Granulacija	Prema svom granulometrijskom sastavu tamponski sloj odgovara zadatim kriterijumima – dobro graduirani šljunkovi
Promena zapremine	Materijal u tamponskom sloju spada u grupu materijala male promene zapremine u dodiru sa vodom i malog kapilarnog penjanja

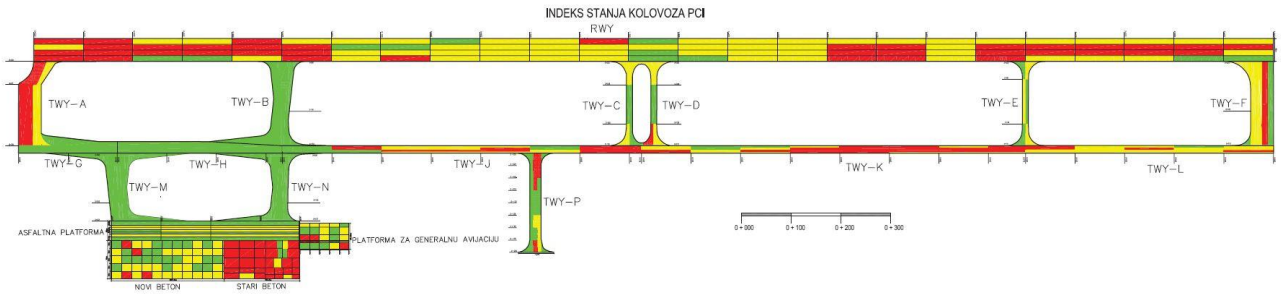
2.1.5.Oštećenost kolovozne konstrukcije

Ocena stanja kolovoza sa aspekta oštećenosti sprovedena je po proceduri Paver metodologije i data je preko indeksa stanja kolovoza PCI (Pavement Condition Index). Ovaj indeks je sračunat na osnovu svih prisutnih tipova oštećenja, uzimajući u obzir njihov intenzitet (nizak, srednji i visok), količinu, kao i uticaj mogućeg pojavljivanja više tipova oštećenja na uzorku.Indeks stanja kolovoza PCI kreće se u rasponu 0-100, gde PCI=0 označava propalo stanje kolovoza, odnosno opisuje izuzetno propali kolovoz, dok PCI= 100 odgovara odličnom stanju, odnosno kolovozu bez oštećenja. U odnosu na potrebno održavanje uvedena su tri kategorije stanja po vrednosti PCI-a (tabela 2).

Tabela 2*: Kategorije stanja po vrednosti PCI-a*

0< PCI< 55	**neprihvatljivo stanje**
56< PCI< 70	**nezadovoljavajuće stanje**
71< PCI< 100	**zadovoljavajuće stanje**

Na slici 4 dat je šematski prikaz vrednosti indeksa stanja kolovoza manevarskih površina Aerodroma Podgorica.



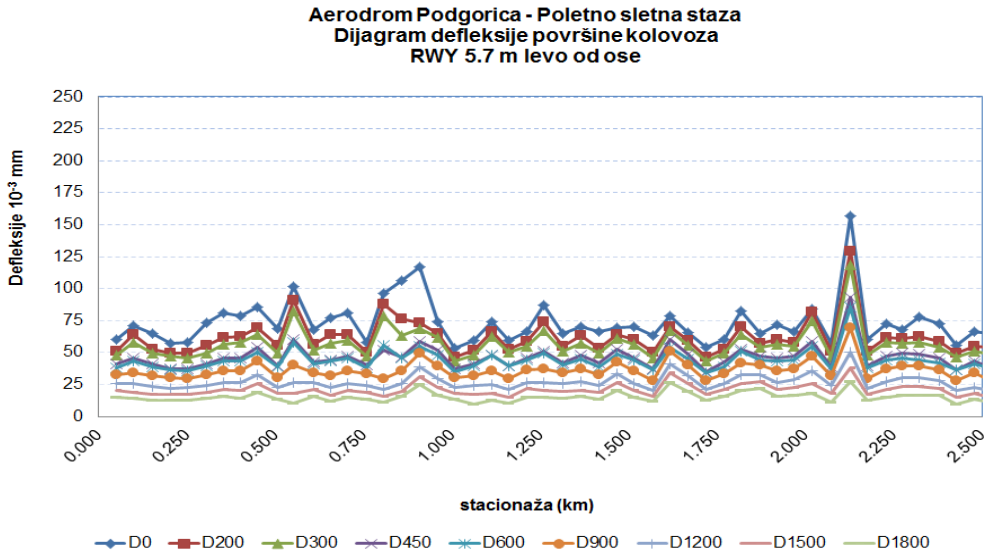
Slika 4:*Indeks stanja kolovoza manevarskih površina Aerodroma Podgorica*

2.1.6. Ocena hrapavosti zastora

Za potrebe definisanja vrednosti otpora klizanja površine kolovoznog zastora izvršeno je mjerenje otpora klizanja asfaltnog zastora poletno sletne staze. U oba slučaja (od praga RWY 18 i praga RWY 36) pri vlažnom stanju kolovoznog zastora utvrđena je veličina otpora klizanja, koja se kreće oko 60, što predstavlja zadovoljavajuću vrednost. Prisustvo gume na kolovoznom zastoru utiče na smanjenje trenja, ali ovo smanjenje nije veliko, pa ne utiče značajno na smanjenje vrednosti otpora klizanja.

2.1.7. Stanje postojećeg kolovoza sa aspekta nosivosti

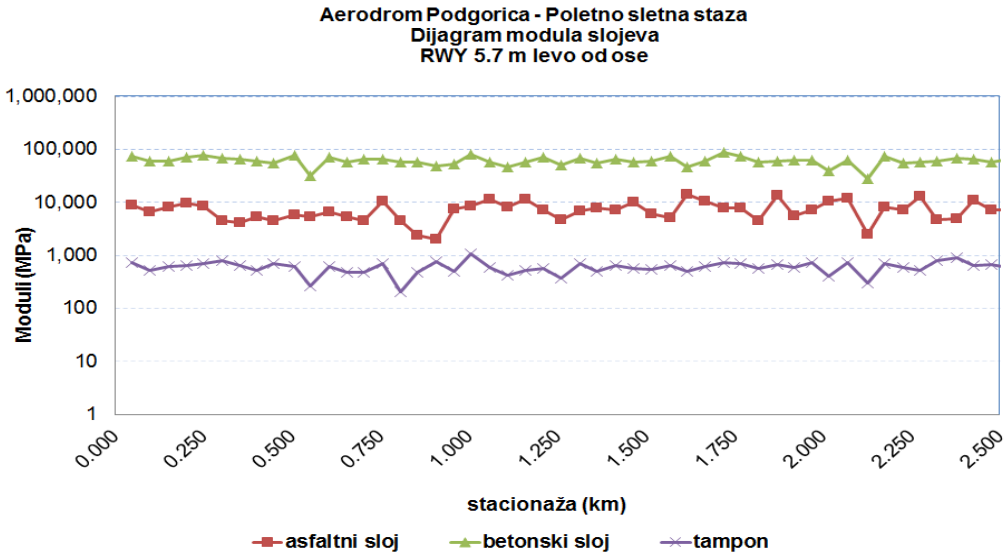
Defleksije, kao pokazatelji stanja strukture i nosivosti postojećeg kolovoza utvrđeni nedestruktivnom metodom, izmerene su teškim deflektometrom sa padajućim teretom (HWD 8081- Dynatest), u februaru 2013. godine. Izborom tereta i visine pada, nanošena je sila od~ 100 kN na kružnu ploču prečnika ∅300 mm, koja je bila postavljena na površinu kolovoza. Lokacije merenja defleksija usvojene su u skladu sa projektnim zadatkom (1.9m, 5.7m, 9.5i 16.8m levo i desno od osovine kolovoza, odnosno u sredini betonskih ploča).Merenje defleksije pri svakom udarcu je vršeno geofonima postavljenim na sledećim udaljenjima od centra kružne ploče: r=0 mm , 200 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm i 1800 mm što odgovara dubini mjerenja defleksija u centru. Na slici 5 prikazane su izmerene defleksije poletno-sletne staze (5.7m levo od osovine) na temperaturi mjerenja.



Slika 5: *Dijagram izmerenih defleksija na Poletno-sletnoj stazi 5.7 m levo od ose*

2.1.8. Određivanje modula elastičnosti na osnovu izmerenih defleksija

Određivanje modula elastičnosti slojeva kolovozne konstrukcije, sprovedeno je na osnovu podataka o defleksionom basenu i strukturi kolovoza, primenom računarskog programa Elmod 6 - Dynatest po metodi fitovanja defleksionog basena uz primenu rešenja za slučaj nelinearno elastičnog materijala u tamponskom sloju. Na slici 6 prikazane su vrednosti sračunatih modula ealstičnosti slojeva kolovozne konstrukcije poletno-sletne staze (5.7m levo od osovine) na merodavnoj temperaturi asfaltnih slojeva (20^0 C).



Slika 6: *Dijagram modula elastičnosti slojeva kolovoza Poletno-sletno staza 5.7m levo od ose*

2.1.9. Saobraćajno opterećenje

Za definisanje saobraćajnog opterećenja u proteklih 10 godina korišćena je baza podataka o obavljenim aviooperacijama na Aerodromu Podgorica, dok je prognoza budućeg saobraćajnog opterećenja definisana na osnovu Master plana Aerodroma Podgorica.Za analizu razmatrani su avioni koji imaju najveće učešće celokupnoj floti kao i najveći avioni u 2010 godini (po podacima Aerodroma Podgorica). Spisak aviona prikazan je u tabeli3:

Tabela 3*: Učešće aviona celokupnoj floti u 2010. godini*

Tip aviona	Kodno slovo aviona	Broj operacija 2010 god.
B 767-200, B 767-300,IL -86	D	124
B 757-200, TU-214		596
A-320, **B 737-800**	C	2,085
E-195, Fk-100		4,940
ATR-72, CRJ 900		2,263
GA	B	2,097

Uzevši u obzir da avion B 737-800 ima najveći uticaj na kolovoznu konstrukciju predstavlja će merodavan avion za dalju analizu. Za proračun PCN-a rulnih staza TWY C, TWY D i TWY P usvojen je kao merodavni broj aviooperacija od 10,000 merodavnog aviona (B 737-800). Propisana vrednost ACN za merodavni avion u zavisnosti od tipa kolovozne konstrukcije i kategoriju posteljice (tip A) prikazana je u tabeli 4.

Tabela 4*: Propisane vrednosti ACNmerodavnog aviona - B 737-800*

Tip aviona	ACN fleksibilna	ACN kruta
B 737-800	44	51

Za proračun platforme za Generalnu avijaciju zbog manjeg broja aviooperacija merodavnog aviona (B-737-800), a u cilju proračuna vrednosti relativne nosivosti PCN-a, usvojen je kao merodavni broj aviooperacija od 10,000 aviona Cesna XLS. U tabeli 5 prikazane su sračunate vrednosti ukupnog broja operacija (poletanje i sletanje) merodavnog aviona duž manevarskih površina u planiranom period eksploatacije od 2013 do 2033 godine.

Tabela 5*: Vrednosti ukupnog broja operacija poletanje i sletanje merodavnog aviona*

Ukupan broj aviooperacija (poletanje i sletanje) Avion B-737-800							
RWY deonica 1		**RWY deonica 2**		**RWY deonica 3**		**RWY deonica 4**	
82,668		229,838		229,838		182,849	
TWY A	**TWY B**	**TWY C**		**TWY D**	**TWY E**	**TWY F**	
61,024	66,096	10,000		10,000	9,176	71,236	
TWY G	**TWY H**	**TWY J**	**TWY K**	**TWY L**	**TWY M**	**TWY N**	**TWY P**
61,024	60,315	82,442	82,442	79,272	97,365	106,281	10,000
Nova betonska platforma		**Stara betonska platforma**			**Asfaltna rulna staza platforme**		
74,813		69,155			104,781		
Ukupan broj aviooperacija (poletanje i sletanje) Avion Cesna XLS							
Platforma generalna avijacija							
10,000							

3. PRORAČUN NOSIVOSTI KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE - PCN BROJA

ACN/PCN metoda je metoda dizajnirana od strane Civil Aviation Organization (ICAO) u cilju uspostavljanja jedinstvenog sistema rangiranja aerodromskih kolovoza. Radi jednostavnog i brzog određivanja mogućnosti prihvaranja različitih tipova aviona na aerodromima, s obzirom na nosivost njihovih PSS, ustanovljena je jedinstvena ACN/PCN metoda (AC No.:150/5335-5B, (2011), Standardized Method Of Reporting Airport Pavement Strength - PCN), koja osim jednostavnosti treba da obezbedi i praktičnu mogućnost saopštenja informacija o nosivosti kolovoznoh konstrukcija na aerodromima. Upravo ovakva potreba značajno uprošćava pojam uticaja opterećenja na konstrukciju i pojam nosivosti konstrukcije u ACN/PCN metodi.
Uticaj opterećenja (aviona) i nosivost konstrukcije definišu se u ovoj metodi svaki svojim brojem:

broj**ACN** - kao mera uticaja određenog aviona na konstrukciju
broj**PCN** - kao mere nosivosti određene konstrukcije

Mogućnost prihvatanja je u ovako ustanovljenoj metodi ispunjena za uslov da je:

ACN < PCN

Klasifikacioni broj kolovozne konstrukcije (PCN) pokazuje da avion čiji je klasifikacioni broj (ACN) manji ili jednak PCN broju može da koristi kolovoznu konstrukciju pod uslovima ograničenja pritiska u pneumatiku.

3.1. Određivanjem PCN broja u svakoj tački mjerenja ugiba

Određivanje relativne nosivosti kolovozne konstrukcije - PCN broja u svakoj tački merenja ugiba izvršeno je uzimajući uputstva data u "Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements", Second Edition 1983.Proračun je sproveden primenom računarskog programa ELMOD 6.Proračun se sprovodi u tri osnovna koraka:

- proračun modula elastičnosti slojeva kolovozne konstrukcije
- definisanje ukupnog broja ponavljanja opterećenja merodavnog aviona u projektnom periodu
- definisanje vrednosti dopuštenih deformacija u merodavnim slojevima (asfalt i beton)
- proračun relativne nosivosti kolovozne konstrukcije - PCN broj

3.1.1. Proračun dozvoljene deformacije merodavnih slojeva

Za slučaj fleksibilne kolovozne konstrukcije merodavni sloj za proračun dozvoljene deformacije predstavlja asfaltni sloj.U slučaju asfaltnog zastora izgrađenog preko betonskih ploča kao i kod betonskih ploča u zastoru, merodavni sloj za proračun dozvoljene deformacije predstavlja betonski sloj.

3.1.2.Asfaltni sloj

Za asfaltne slojeve na manevarskim površinama sa fleksibilnom kolovoznom konstrukcijom (TWYM, TWYN, Asfaltna rulna staza platforme) korišćen je zakon zamora po rešenju SHELL laboratorije za merodavnu temperaturu asfaltnih slojeva od 20°C, srednju vrednost modula elastičnosti (program ELMOD 6) i zapreminsko učešće veziva u asfaltnom sloju Vb = 12 %. Proračun modula i dozvoljene deformacije u asflatnom sloju za 10^6 ponavljanja opterećenja (prema jednačini za zamor asfaltne mešavine po modelu SHELL laboratorije), na manevarskim površinama sa fleksibilnom kolovoznom konstrukcijom prikazano je u tabeli 6.

Tabela 6:*Dozvoljena deformacijau asfaltnom sloju*

manevarska površina	modul elastičnosti asfaltnog sloja (MPa)	zapreminsko učešće veziva (%)	broj ponavljanja opterećenja	dozvoljena deformacija u asfaltnom sloju
Spojnica TWY M	5000	12	10^6	231
Asfaltna rulna staza platforme	3600	12	10^6	260

3.1.3. Betonski sloj

Za betonski sloj projektant je prihvatio stavove prema LCPC, SETRA Conception et dimensionnment des structures de chaussee, Guide technique, France 1944, gde je odnos čvrstoće na indirektno zatezanje i otpornosti na zamor u području između 10^5 i 10^7 ponavljanja opterećenja (tj. 10^6) σ_6 je:

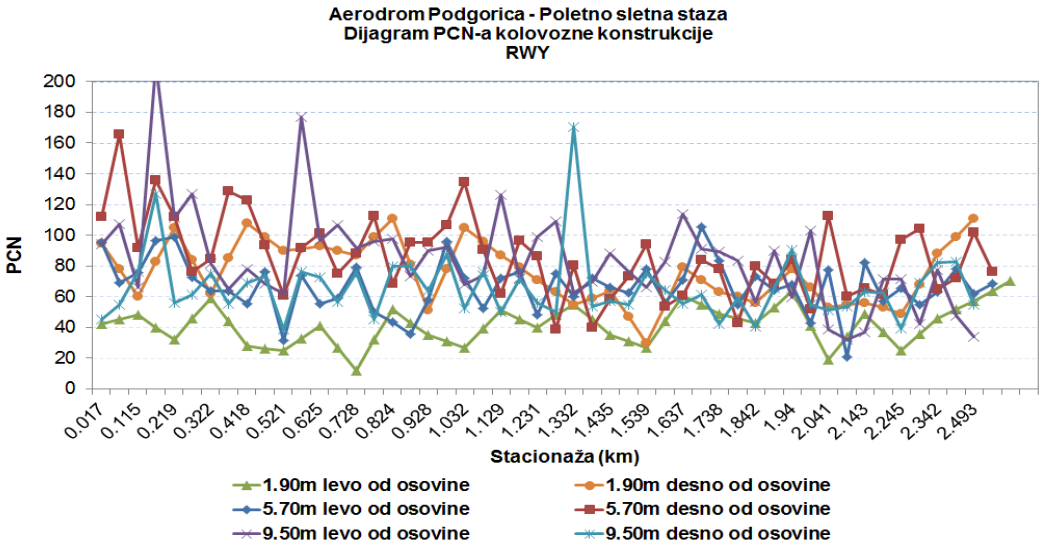
$$\sigma_6 / \sigma_z = 0{,}65$$

Srednja vrednost čvrstoće pri zatezanju savijanjem betona, dobijena ispitivanjem dostavljenih uzoraka iznosi σ_z =5,4 MPa. U skladu sa preporukama Svetskog Kongresa za puteve (AIPCR-PIARC) za dimenzionisanje i projektovanje kolovoznih konstrukcija treba, dobijenu vrednost za otpornost na zamor σ6 zbog sigurnosti, umanjiti za 30%.Prema prethodno navedenoj literaturi, nagib krive zamora (u bilogaritamskoj razmeri) projektovanog cement betona iznosi 1/16, pa je dozvoljena otpornost na zamor (napon) u cement betonskom sloju za 10^6 ponavljanja opterećenja (prema LCPC):

$$\sigma_6 = 2.45 \text{ MPa}$$

3.1.4. Prikaz proračuna PCN broja primenom programa ELMOD 6

Na slici 8 prikazane su sračunate vrednosti relativne nosivosti kolovozne konstrukcije - PCN broja napoletno-sletnoj stazi Aerodroma Podgorica sračunate primenom računarskog programa ELMOD 6.



Slika 8: *Vrednost PCN-a na poletno-sletnoj stazi*

U tabeli 7 prikazane su usvojene vrednosti relativne nosivosti kolovozne konstrukcije - PCN broja manevarskih površina Aerodroma Podgorica (dobijene analizom 15% i srednje vrednosti PCN broja) sračunate primenom računskog programa ELMOD 6.

Tabela 7: *Usvojene vrednosti PCN broja*

Manevarska površina	PCN		
	15%	Avg	Usvojena
Poletno sletna staza RWY	51	60	55
Spojnica TWY A	50	61	55
Spojnica TWY B	62	73	66
Spojnica TWY C	20	38	32
Spojnica TWY D	68	73	70
Spojnica TWY E	40	55	51
Spojnica TWY F	48	52	50
Rulna staza TWY G	50	65	57
Rulna staza TWY H	56	69	62
Rulna staza TWY J	48	59	54
Rulna staza TWY K	45	45	45
Rulna staza TWY L	51	53	52
Spojnica TWY M *	53	58	55
Spojnica TWY N	46	52	49
Spojnica TWY P	53	62	57
Platforma novi beton	98	111	105
Platforma stari beton	29	37	33
Asfaltna rulna staza platforme	40	48	44
Platforma generalna avijacija	56	61	58

3.2. Procena eksploatacionog veka ispitivanih kolovoznih konstrukcija

Na osnovu izvršene analize postojećih kolovoznih konstrukcije i očekivane eksploatacione uslove u budućem periodu od 20 godina na predmetnim manevarskim površinama i platformama izvršena je procena trajnosti postojeće kolovozne konstrukcije sa aspekta nosivosti. Provera trajnosti uzimajući u obzir buduće saobraćajno opterećenje, u dva perioda tokom godine (zimski i letnji), izvršena je proverom zamora u merovnim slojevima kolovozne konstrukcije - asfaltni i betonski sloj.

Na osnovu dobijenih deformacija u kritičnim slojevima izračunat je broj prelaza merodavnog aviona do zamora. Poređenjem ovih podataka sa brojem prelaza merodavnog aviona u budućem periodu eksploatacije manevarskmi površinama (PCN<ACN) sračunat je preostali životni vek trajanja za postojeći asfaltni sloj i za betonski sloj. Proračun zivotnog veka kolovoznih konstrukcija sa aspekta merodavnog aviona sproveden je primenom računskih programa ELMOD 6 i BISAR.

Rezultat proračuna životnog veka kolovoznih konstrukcija na manevarskim površinama Aerodroma u Podgrorici, prikazan je u tabeli 8:

Tabela 8: *Životni vek - programi ELMOD i BISAR*

Manevarska površina	Preostali životni vek (god.)		
	ELMOD	BISAR	Usvojeni
Poletno sletna staza RWY	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY A	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY B	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY C	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY D	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY E	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY F	> 20	> 20	> 20
Rulna staza TWY G	> 20	> 20	> 20
Rulna staza TWY H	> 20	> 20	> 20
Rulna staza TWY J	> 20	> 20	> 20
Rulna staza TWY K	> 20	> 20	> 20
Rulna staza TWY L	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY M	> 20	> 20	> 20
Spojnica TWY N	17	19	17
Spojnica TWY P	> 20	> 20	> 20
Platforma novi beton	> 20	> 20	> 20
Platforma stari beton	6	8	6
Asfaltna rulna staza platforme	> 20	> 20	> 20
Platforma generalna avijacija	> 20	> 20	> 20

4. ZAKLJUČAK

Tema rada je ispitivanje kolovoznih konstrukcija na manevarskim površinama i platformi Aerodroma Podgorica. ACN/PCN metoda je dizajnirana od strane Civil Aviation Organization (ICAO) u cilju uspostavljanja jedinstvenog sistema rangiranja aerodromskih kolovoza. Klasifikacioni broj kolovozne konstrukcije (PCN) pokazuje da avion čiji je klasifikacioni broj (ACN) manji ili jednak PCN broju može da koristi kolovoznu konstrukciju pod uslovima ograničenja pritiska u pneumatiku.

Proračun relativne nosivosti kolovozne konstrukcije - PCN broja je sproveden primenom računarskog programa ELMOD 6. Na osnovu dobijenih deformacija u kritičnim slojevima izračunat je broj prelaza merodavnog aviona do Zamora, a poređenjem ovih podataka sa brojem prelaza merodavnog aviona u budućem periodu eksploatacije manevarskmi površinama (PCN<ACN) sračunat je preostali životni vek trajanja za postojeći asfaltni sloj i za betonski sloj. Proračun zivotnog veka kolovoznih konstrukcija sa aspekta merodavnog aviona sproveden je primenom računskih programa ELMOD 6 i BISAR.

Literatura :

[1] ICAO – Aerodrom design manual – Part 3 –Pavements, 1983;
[2] FAA (U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration), Advisory Circural AC 150/5370-11A (2004); Use of nondestructive testing in the evaluation of airport pavements;
[3] FAA (U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration), Advisory Circural AC 150/5320-6D (1995); Airport pavement design evaluation
[4] FAA (U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration), Advisory Circural AC 150/5335-5BA(2011); Standardized method of reporting airport pavement strength - PCN;
[5] AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993, American Association of State Highway and Transportation Officials, USA;

IZRADA FIZIČKIH MODELA PUTNOG POJASA METODOM 3D ŠTAMPE

Doc. Dr Dejan Gavran, dipl.ing.[1]
[1]*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, gavran@eunet.rs*

Rezime: *Iako su polovinom prošlog veka makete puteva predstavljale osnovni medijum ne samo za vizuelne, etsetske, pa i bezbednosne analize trasa puteva, pojavom računarskih 3D modela one, makete, iščezavaju iz projektantske prakse. Računarski triangulisani 3D modeli putnog pojasa predstavljaju dobru osnovu za izradu triangulisanih STL (stereolitografskih) modela. Ovi se modeli lako "stampaju" na 3D printerima, čak i u koloru. Međutim, u odnosu na uobičajene triangulisane modele, STL model počiva na strogim pravilima u pogledu orijentacije trouglova, zatvorenosti modela i eventualnih grešaka. Takođe, zbog veoma visokih cena ne samo 3D printera, već i materijala za 3D štampu, neophodno je i uvođenje metoda optimizacije modela kojima se utrošak materijala smanjuje za 5, 6 ili 7 puta. I sam proces 3D štampe nameće neke zanatske normative kako bi maketa uopšte bila izvodljiva, stabilna i trajna. Rad prikazuje metode STL koverzije i optimizacije modela putnog pojasa sa ciljem 3D štampe.*

Ključne reči:*CAD, 3D, STL, maketa.*

PRODUCING ROADWAY MAQUETTES ON 3D PRINTERS

Summary: *By mid twentieth century, physical 3D models (maquettes) provided the only means for the optical, aesthetic and safety analyses of the road. With the computer revolution, taking place by the end of the eighties, maquettes became completely outdated. But, in recent times, triangulated 3D computer models present the sound base for the production of triangulated STL (stereolitographic) models. These 3D models are easily printed on 3D printers, even in color. But, unlike ordinary CAD models, STL models must obey strict rules, primarily concerning the triangles' orientation and the "water-tightness". Also, bearing in mind the extremely high costs of both the 3D printers and the printing materials, optimization methods, reducing the material consumption 5, 6, or even 7 times, have to be introduced. In order to produce the printable, stable and durable macquette, even the sole printing process imposes some "secrets of the craft". The paper explains how to convert the ordinary triangulated roadway model into the STL model and how to optimize the model.*

Key words:*CAD, 3D, STL, maquette.*

1. UVOD

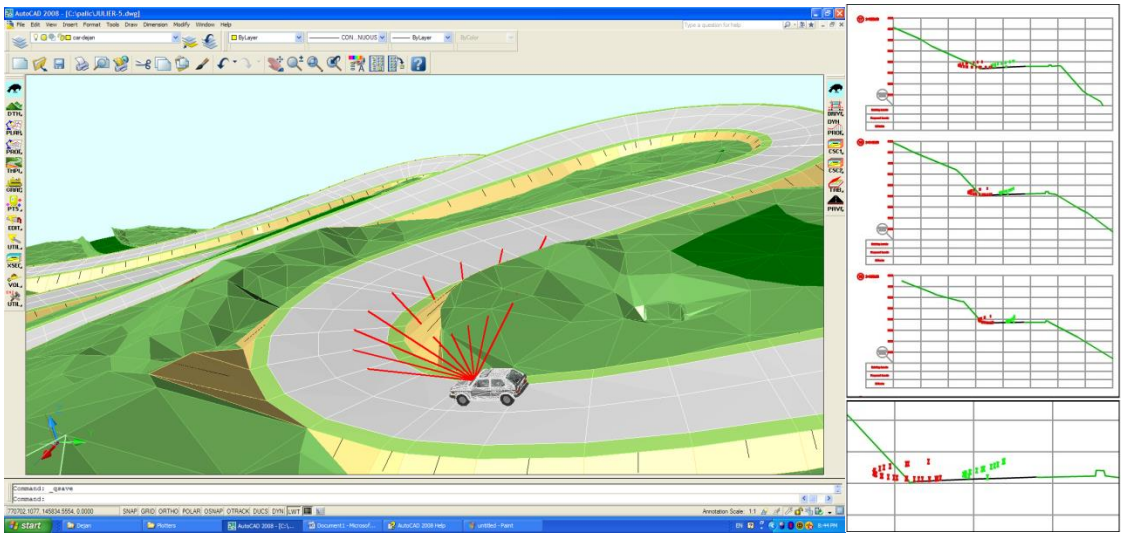
Sa porastom brzina automobila, i to ne samo trkačkih već i onih dostupnih široj publici, do koga dolazi ranih 30-tih godina XX veka, dolazi i do revolucionarnih promena u putnoj geometriji. Prelazne krivine bivaju neophodne ne samo kod vođenih šinskih sistema, već postaju obavezan element i putne geometrije, radijusi horizontalnih krivina uvećavaju se proporcionalno brzinama, menjaju se sistemi vitoperenja površine kolovoza. Projektanti prvih autoputeva u nekim slučajevima bivaju neprijatno iznenađeni samim izgledom izvedenih projektnih rešenja [1]. Iako je geometrija prvih autoputeva projektovana u skladu sa tada važećom regulativom i svim dotadašnjim iskustvima, neke deonice jednostavno nisu izgledale lepo, neki su elementi neproporcionalno odvlačili pažnju vozača, a neki su navodili vozača na pogrešne zaključke ili stvarali optičke obmane. Naravno, zbog samog režima saobraćaja, na autoputnim deonicama više je bivao ugrožen estetski momenat, a na brzim dvotračnim putevima bivala je ugrožena i sama bezbednost. Jednostavno, po prvi put u istoriji civilizacije inženjeri su se našli u prilici da u realnom prostoru trasiraju radijusima veličine stotina ili čak hiljada metara i u vidnom polju vozača otvorile su se vizure preglednosti puta duže nego ikada pre. Oblici putne geometrije koji su se našli u vidnom polju, iako su bili usklađeni sa propisima, često nisu zadvoljavali estetske, a ponekad ni bezbednosne, kriterijume. U svakom slučaju, još u periodu pre Drugog svetskog rata, pojavila se realna i ozbiljna potreba za optičkim analizama trasa puteva.

Na tadašnjem nivou razvoja proračunske i crtačke tehnike, jedini tehnološki odgovor su bile perspektivne slike puta i makete puta. Ručno crtane perspektivne slike puta, rađene na principu centralne perspektive sa položaja oka vozača, bile su jedini način sagledavanja projektnog rešenja sa stanovišta bezbednosti. Maketa, ili fizički model, puta bio je nezamenljiv pri prezentaciji projektnog rešenja zainteresovanoj javnosti.

[1]Dejan GAVRAN: gavran@eunet.rs

Čak su se u godinama nakon drugog svetskog rata makete koristile i za simulaciju vožnje duž projektovane trase. Iznad modela puta, duž procenje trajektorije oka vozača, pomerala bi se optička sonda kojom se snimao film kretanja duž makete trase. Ne treba pominjati koliko je ova tehnologija snimanja, pa i sama izrada makete, nepraktičnija i netačnija od moderne računarske simulacije kretanja duž 3D modela puta. Iako je računarska tehnologija još krajem šezdesetih dostigla taj nivo i iako su još polovinom osamdesetih postojala domaća rešenja za optičke analize trasa puteva računarskom simulacijom kretanja vozača duž trase, tek je ranih devedesetih došlo do usklađivanja performansi računara, CAD sistema i njihovih cena na nivou koji je svakom projektantu puta omogućio da formira celovit i efikasan sistem za projektovanje puta, gde je jedan od elemenata i optička analiza trase.

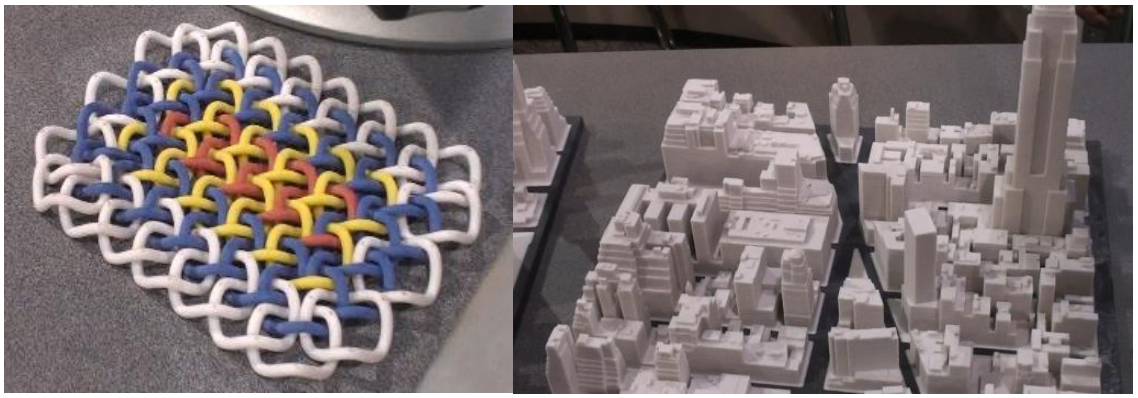
Svi sistemi za projektovanje puteva nisu bili isti, niti će to biti. Kod nekih je 3D model puta samo sporedni proizvod procesa projektovanja, a kod nekih je 3D model u samom jezgru procesa projektovanja i sa njega se praktično generiše grafička i numerička dokumentacija (isecaju se podužni i poprečni profili, generiše se nivelaconi plan, računaju se kubature itd.). Za razliku od mašinskih ili arhitektonskih modela, gde se sami objekti projektovanja svode na takozvane primitive (kocke, kvadre, sfere, konuse) i njihove preseke i unije, putni se oblici ne mogu predstaviti zatvorenim numeričkim formama (ili formulama) u tri dimenzije. 3D geometrija putnog pojasa potiče delom iz situacionog plana, delom iz podužnog profila, delom iz poprečnih profila, a delom iz nepravilnih terenskih formi. Stoga je mreža prostornih trouglova, a ne skup geometrijskih primitiva, jedina forma kojom se put može predstaviti na računaru.Na takvom se modelu sprovode sve numeričke analize, pa i optičke analize trasa. Leva strana Slike 1. pokazuje analizu raspoložive preglednosti, dok desna strana pokazuje kontrolu zaustavne preglednosti po poprečnim profilima puta u krivini. Znači, što se profesionalne primene i optičkih analiza trase puta tiče, triangulisani 3D model eventualnu maketu puta čini potpuno nepotrebnom. A što se prezentacije u javnosti tiče, računarski 3D model je odavno napustio formalne knjige projekata i preselio se na zidove direktorskih i investitorskih kabineta, gde se pobedonosno ističe po završteku svih važnijih projekata.



Slika 1. *Ispitivanje raspoložive i zaustavne preglednosti puta na triangulisanom modelu*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

2. RAPID PROTOTYPING, 3D ŠTAMPA, STL

Još 80-tih godina osmišljen je, razvijen i patentiran sistem 3D štampe. Postupak je nazvan stereolitografija, a poznat je i pod imenom fotosolidifikacija. Računarski 3D model doslovno se štampa u tri dimenzije na bazi fotopolimerne smole. Kada tanak usmeren zrak ultraljubičastog lasera pogodi konačno malu zapreminu ove tečne smole ona očvrsne. U kontejneru sa tečnom smolom nalazi se platforma na kojoj se formira model, sloj po sloj. Na platformu se automatski nanese tečna smola u debljini sloja od najčešće 0.1mm. Zatim ultraljubičasti laser osvetli samo unutrašnjost konture objekta koji se štampa u donjih 0.1mm njegove zapremine. Taj deo smole očvrsne, a platforma se spusti za narednih 0.1mm. Tada se nanese novi sloj od 0.1mm tečne smole i laserom solidificira presek objekta na koti 0.2mm. Platforma se tada spusti za daljih 0.1mm, štampa se presek modela na koti 0.3mm itd. Na kraju se model hemijski čisti od viška tečne smole i tretira u ultraljubičastoj pećnici.



Slika 2. *Model virtuelne tkanine "pletene" od nekoliko vrsta monohromatske plastike i model 34-te ulice i 6-te avenije štampan ABS plastikom*
Foto, Gavran, Autodesk University, Las Vegas, 2009.

Na osnovama ove tehnologije nastale su i druge slične tehnike 3D štampe. Sve su one bazirane na štampi modela odozdo na gore, sloj po sloj. Po jednoj tehnici kroz glavu 3D printera protiče tečna plastika koja se po unutrašnjim konturama svakog sloja objekta ubrizgava u sitnim kapljicama. Opet je debljina sloja 0.05 do 0.15mm. Tako se dobijaju veoma otporni i čvrsti elementi od ABS plastike (Slika 2. desno). Može postojati više glava kroz koje protiču plastične mase raznih boja (Slika 2. levo). Tako se može dobiti model u koloru, ali je broj boja ograničen brojem glava. Takođe, postoje koncepti gde se kroz različite glave ubrizgavaju plastike potpuno različitih svojstava, mekše ili tvrđe. Tako se izjedna mogu odštampati čitavi mehanički sklopovi, recimo zupčanici i osovine različitih boja i čvrstoća, koji odmah po izlasku iz printera mogu da rade.

Prosto govoreći, modeli puteva su dosta spljošteni.Oni nisu tako plastični kao zgrade ili mehanički sklopovi. Da bi fizički model puta imao pun smisao, on bi ipak trebao biti obojen što realnijim bojama. Tu se primenuje tehnika praha i bindera, kombinovanog sa bojama. Prvo se nanese prah u sloju od 0.1mm, pa se prahu unutar konture preseka objekta na visini 0.1mm doda binder (vezivo). Binderu se po potrebi dodaje i boja tako da sama linija konture (odnosno površina štampanog objekta) može poprimiti bilo koju boju u bilo kojoj tački. Zatim se doda sloj od još 0.1mm praha, pa se kontura preseka na koti 0.2mm ispuni binderom (po potrebi obojenim) itd. Na kraju u radnoj zapremini printera ostane karnister praha u kojem je odštampani model potopljen. Prah se oduva kompresorom i model se vadi iz printera.



Slika 3. *Model turboprop avionskog motora u razmeri 1:1*
Foto, Gavran, Autodesk University, Las Vegas, 2009.

Postoje i tehnike štampe na bazi nerđajućih metalnih prahova i veziva, gde se privremeno vezani model na kraju podrvgava i termičkoj obradi. Tako se dobija izuzetno čvrst i otporan model.

Radne zapremine 3D printera najčešće se kreću znatno ispod jedne kubne stope. Najčešće se radi o dimenzijama približnim dimenzijama kutije za cipele, i to na žalost kutiji za plitke cipele. Postoji u svetu veoma mali broj printera velike radne zapremine, gde je moguće štampati izjedna čak i haube za automobile. Na slici 3. može se videti realan model avionskog turboprop motora sa svim pokretnim delovima štampan u

razmeri 1:1. Ovde se najčešće radi o specijalizovanim firmama za uslužnu 3D štampu sa razrađenim tokovima datoteka za štampu, isporuke odštampanih modela i, naravno, plaćanja.

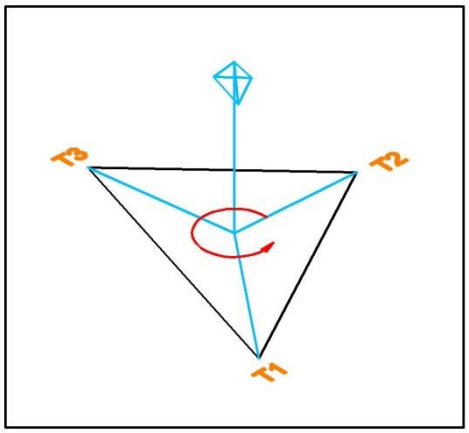
3D printer je i dalje skup hardverski element. Skup je sam printer ali je skup i repro materijal, pa i samo održavanje. Naime, još 1993-1994. oko 70% prototip delova u nekim od vodećih američkih proizvođača automobila proizvodile su male kooperantske firme od po samo par inženjera, a prototipovi su štampani na 3D printeru. Cena 3D printera (monohromatsog) tada je bila oko 10.000 USD, dok je običan A4 ink-jet kolor štampač u to vreme koštao 7.000 do 10.000 DM. Cene običnih printera od tada su padale neuporedivo brže. Tek odskora su se pojavili monohromatski 3D printeri po ceni od par stotina dolara za kućnu upotrebu. Postoje i hiljade datoteka standardnog kućnog inventara koje korisnik sam može da odštampa: futrola za mobilni telefon, tipl i sl. Na žalost, cene kolor 3D printera i dalje se kreću oko 40.000 EUR, a cene same kolor štampe (materijala) su od 16 USD do 16 EUR po kubnom inču (oko 1 USD ili 1EUR po 1 cm^3).

Mada se koristi i danas, rani naziv za 3D štampu je bio “rapid prototyping”. Postupak je isprva korišten za izradu ograničenog broja prototipova ali je danas, primenom novih materijala za štampu, moguće proizvesti ne samo protoptipove za prezentaciju, već i veće serije “production quality” proizvoda, koji, zahvaljujući mehaničkim svojstvima i preciznosti izrade, mogu odmah da se ugrade u mašinu ili mehanički sklop. Naziv STL je skraćenica naziva Stereolitography, s početka poglavlja. Ovo je ujedno i ekstenzija fajla koji se najčešće koristi za izlazak na 3D printer.

3. METODOLOGIJA FORMIRANJA MODELA ZA ŠTAMPU

Očigledno je da rezultat 3D štampe jeste objekat, volumen, ispunjen materijalom. Volumen je dobijen gradnjom sloj po sloj, odozdo na gore. Na svakoj visini, sa uobičajenim intervalom od oko 0.1mm, formira se tanak presek modela. Da bi printer znao koji deo preseka na konkretnoj visini modela mora da se odštampa (ili nalije, ili veže vezivom), mora se znati šta je to kontura preseka i šta je to unutrašnja, a šta spoljašnja strana preseka.

Model za štampu mora biti “vodonepropusan”. To mora biti zatvorena površ koja ne sme imati nikakve otvore. Gde god da se u 3D prostoru zamisli tačka, mora se jednoznačno znati da li je ona unutar ili van volumena ograničenog ovakvom površi. Za ovakvu definiciju najpogodnija je triangulisana površ ali takva da svi trouglovi imaju jasno definisan vektor spoljne normale. Spoljna normala svakog trougla definisana je pravilom desne ruke u odnosu na redosled njegovih temena (Slika 4.).

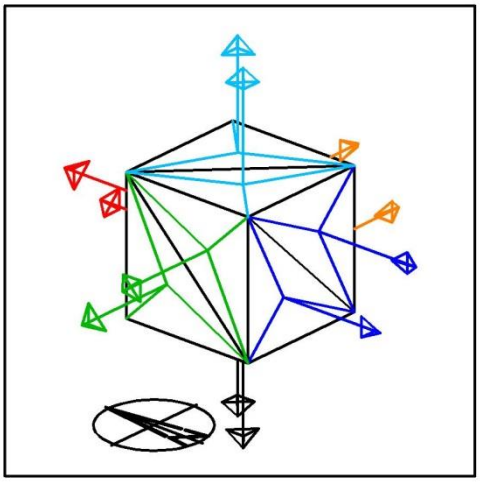


Slika4. *Redosled temena i spoljna normala prostornog trougla prema pravilu “desne ruke”*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User’s Manual

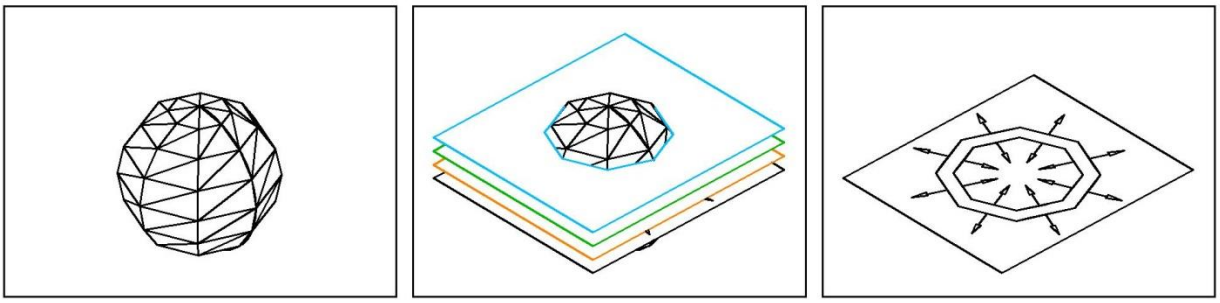
Jednostavna zatvorena triangulisana površ (kocka) pokazana je na Slici 5. Svaka strana kocke sastoji se od po dva uparena trougla. Temena svakog trougla postrojena su tako da je normala svakog od njih usmerana van volumena kocke.

Ako bi se formirale dve triangulisane sfere, jedna unutar druge, i ako bi se trouglovi unutrašnje sfere spoljnim normalama (redosledom temena) usmerili na unutra, a trouglovi spoljašnje sfere na spolja, tada bi se metodom 3D štampe mogao čak postići rezultat nedostižan mašinskoj obradi CNC (Computer Numerical Control) mašinom (Slika 6.). Ovakve mašine obrađuju materijal metodom bušenja i ne mogu proizvesti šuplju

loptu. Proces 3D štampe seče model u vertikalnim inkrementima od 0.1mm i na svakom od ovih nivoa prepoznaje dve konture. Svaka od kontura sastavljena je od duži nastalih u prodoru nekog od trouglova modela sa horizontalnom površi sečenja. Zahvaljujući poznavanju usmerenosti spoljne normale svakog od trouglova, zna se sa koje strane duži je praznina (spoljna strana), a sa koje volumen (ili unutrašnja strana). Kada se nanižu sve duži kontura na konkretnom horizontalnom nivou, postaje jasno šta je to što 3D printer na tom nivou ispunjava plastikom, metalom ili vezivom, a šta ne. Tako u ovom konkretnom slučaju 3D printer čak može da odštampa i šuplju loptu.



Slika5. *Spoljne normale triangulisanog modela kocke*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual



Slika6. *"Slicing" ili sečenje triangulisanog modela šuplje sfere sa vertikalnim mikrointervalom*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

Standardni način opisa prostornog triangulisanog 3D modela u procesu 3D štampe je *.STL fajl (Tabela 1.). Ovde su svi trouglovi predstavljeni svojim spoljnim normalama i temenima. Može se reći da ovde ima i viška podataka jer su sva temena već postrojena po pravilu "desne ruke" pa je tako unapred poznat koji od dva alternativna usmerenja vektor spoljne normale ravni trougla treba da zauzme.

Tabela 1. *Primer sekvence STL fajla*

Trouglovi (facets), njihove spoljne normale i temena (vertexes)
facet normal 0.2956537 0.9059017 9.9544930 outer loop vertex 239.5112202 9.8807209 143.6731882 vertex 242.9122804 3.2764920 144.1731882 vertex 244.7398073 8.1742985 143.6731882 endloop endfacet facet normal 0.4052108 0.9616336 9.9454042 outer loop vertex 239.5112202 9.8807209 143.6731882 vertex 237.8438749 5.4122042 144.1731882 vertex 242.9122804 3.2764920 144.1731882 endloop endfacet

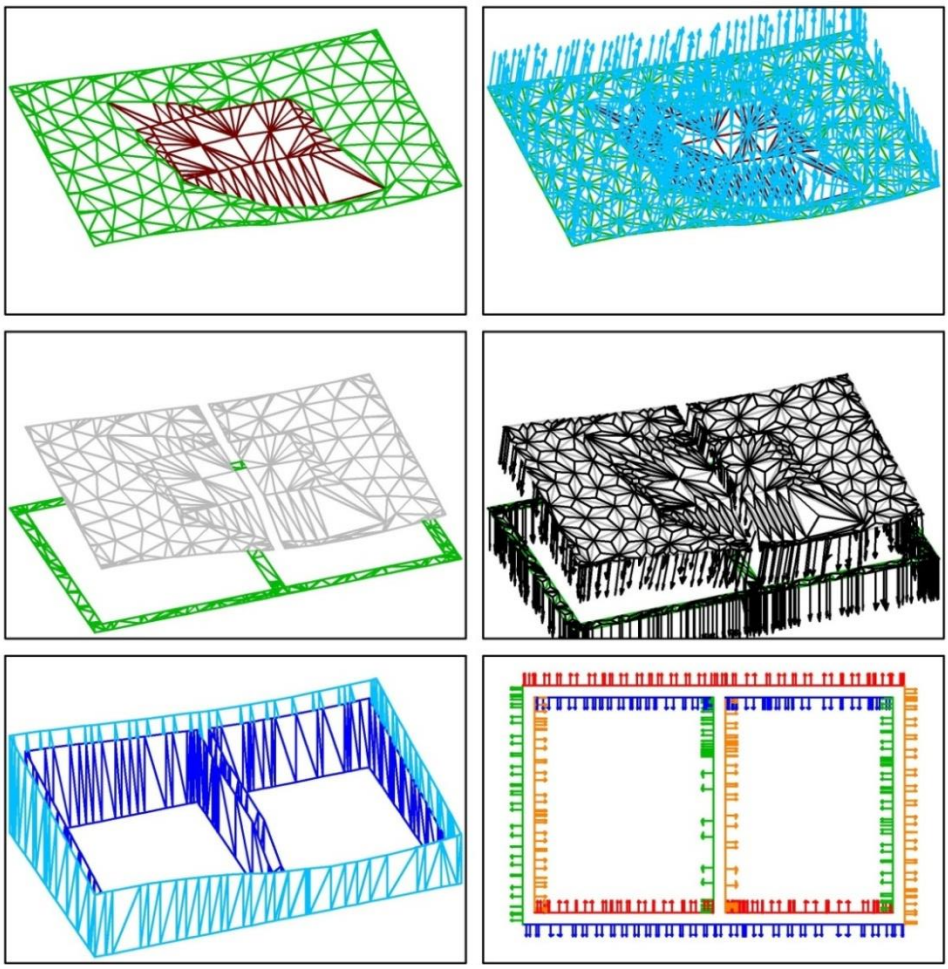
```
facet normal 0.2192232 0.9273673 9.9544930
  outer loop
    vertex 240.8008340 14.4725156 143.1731882
    vertex 244.7398073 8.1742985 143.6731882
    vertex 246.1533141 13.2072263 143.1731882
  endloop
endfacet
```

Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

Iz primera sekvence *.STL fajla vidi se da trougao nema karakteristiku boje. Stoga programi za kolor 3D štampu, umesto standardnog *.STL fajla, preuzimaju DXF (Drawing Exchange Format). Ovaj tip ASCII fajla razvila je ranih 80-tih kompanija Autodesk kako bi se podržao efikasan transfer podataka između AutoCAD-a i drugih CAD Sistema (*AutoCAD and DXF are registered trademarks of Autodesk, Inc.*).Ovim tipom fajla trouglovi se prenose kao 3DFACE entiteti sa združenim trećim i četvrtim temenom i, naravno, sa karakteristikom boje.

4. METODE PRIPREME MODELA PUTNOG POJASA ZA 3D ŠTAMPU

Mnogi od softvera za projektovanje puteva nisu direktno oslonjeni na triangulisani 3D model. Kod njih je model sporedan proizvod procesa projektovanja. I kod onih softvera kod kojih je triangulisani model u centru procesa projektovanja i gde se projektna numerika i grafika generišu sa modela, sadržaj i kvalitet modela nikad nije na nivou onog koji zahteva 3D štampa. Model je ovde triangulisana "krpa" predstavljena u gornjem levom delu Slike 7. To je samo otvorena površ. To nije zatvorena triangulisana površ koja ograničava volumen koji treba ispuniti materijalom.



Slika7. *Usmerenost trouglova gornje površi modela na gore, donje površi na dole i usmerenost bočnih trouglova prema korespondentnim stranama sveta*

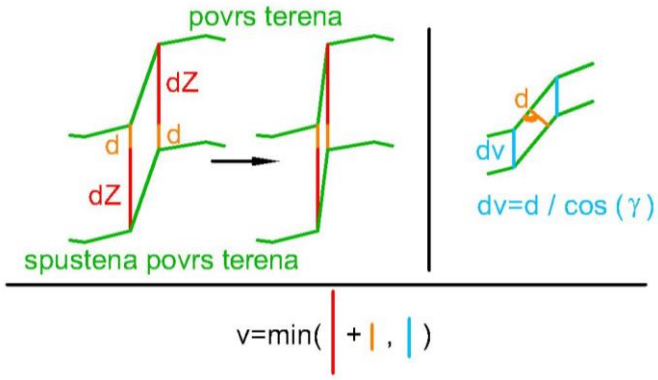
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

Ovde je postupak transformacije modela lakše demonstrirati na primeru platoa nego na primeru linijskog objekta kakav je put. Prvo, svi trouglovi gornje površi modela (gore desno) moraju se usmeriti na gore. Trouglovi se na oko ne menjaju. Samo se njihova temena zarotiraju tako da po pravilu "desne ruke" spoljne normale trouglova "pogledaju" na gore. Zatim se gornja površ iskopira na niže za 4 do 5mm kako bi se dobila otporna gornja ploča modela (između gornje površi i njene donje kopije). Mada proizvođači 3D printera i materijala za štampu kažu da debljine ploča i zidova modela mogu biti i mnogo manje, bolje je primeniti pomenute mere, kako bi model bio otporniji na lomove do kojih može doći već tokom oslobađanja modela od viška praha i sličnih manipulacija.

Zatim se osmisle oslonci modela. To su najmanje bočni zidovi ali, imajući u vidu krhkost modela, to mogu biti i ojačanja u vidu poprečnih pregrada. Onda se donja površ gornje ploče modela iseče i razdvoji tako da se trouglovi u zoni dna oslonaca postave na kotu procenjenog dna (sredina levo). Svi trouglovi dna zidova i poprečnih pregrada, kao i trouglovi donje površi gornje ploče tada se usmere na dole (sredina desno).

Potom se spuste unutrašnje i spoljašnje površi bočnih zidova i pregrada (dole levo). Za korisnika je njihovo usmeravanja lako i jasno (dole desno). Međutim, ovaj je korak veoma ozbiljan za programiranje. Tu se, na primer, odabere samo jedan trougao spoljne površi i on se "ručno" usmeri u pravom smeru, na spolja. Potom proces sam pođe progresivno od tog trougla kroz površ modela i zarotira temena trouglova tako da se svi oni (trouglovi) nađu "rame uz rame", gledajući u istom smeru. U ovom slučaju na spolja. Na isti način usmere se i trouglovi po unutrašnjim stranama zidova i pregrada. Progresivno automatsko usmeravanje (preusmeravanje) trouglova neizbežno je kod zatvorenih triangulisanih površi, kao što su mostovi. Tu se još mogu nekako razabrati i selektirati (najčešće po lejerima) trouglovi koji gledaju na gore i oni koji gledaju na dole i može im se grupno zadati korektna orijentacija normala (na gore ili na dole). Međutim, bočni trouglovi mosta svoje usmerenje na spolja mogu dobiti samo krajnje automatski, kao posledicu susedstva sa ispravno orijentisanim trouglovima intradosa i ekstradosa mosta.

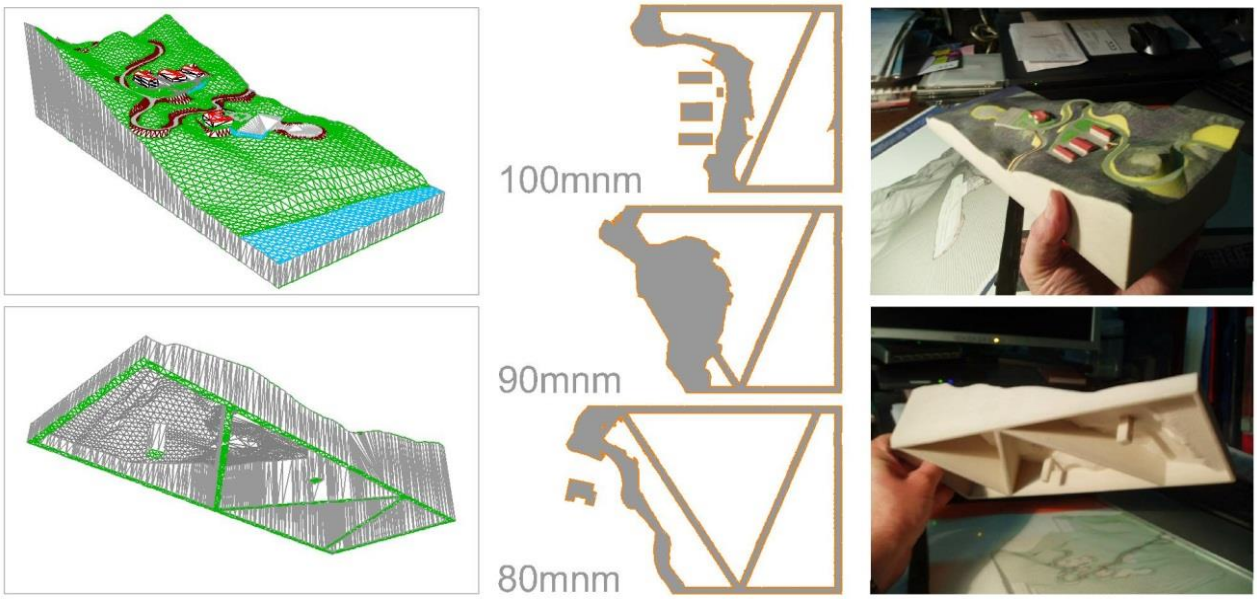
Poseban problem je formiranje gornje ploče modela u korektnoj debljini (Slika 8.). U realnim primerima nije moguće donju površ gornje ploče dobiti prostim kopiranjem gornje površi modela za zadatu vrednost. Problem su zone strmih kosina i potpornih zidova, krilnih zidova mostova i drugi oblici opisani strmim trouglovima. U slučaju blagih nagiba trouglova, kakvi su čak i trouglovi po kosinama useka i useka, vektor kopiranja na dole lako se određuje deljenjem minimalno zahtevane debljine ploče kosinusom ugla koji zahvataju normala na ravan trougla i vertikala (Slika 8. desno). Kod strmih trouglova, radi optimizacije debljine ploče (da ne bude ni predebela), vektoru vertikalnog kopiranja moraju se dodati rezerve u redu veličine vertikalnog raspona trougla (Slika 8. levo).



Slika 8. *Određivanje debljine gornje ploče modela*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual)

U svakom slučaju, rezultat vertikalnog kopiranja trouglova gornje površi na dole u prvi mah su kopije trouglova čija korespondentna temena (temena koja se poklapaju u plan projekciji) nisu na istoj koti – svaki je trougao kopiran za različitit vektor na dole, u skladu sa uglom koji normala ravni originalnog trougla zaklapa sa vertikalom. Stoga, nakon ovakvog kopiranja, program mora još jednom proći svim kopiranim trouglovima i mora dovesti sva korespondentna temena na istu kotu – najnižu od svih kota temena koja se u konkretnoj plan projekciji poklapaju. U tom slučaju debljina ploče je nešto veća od zahtevane minimalne i samim time je na strani sigurnosti.

Slika 9. ilustruje postupak proizvodnje modela šireg putnog pojasa, uključujući i objekte visokogradnje. Na levoj strani slike vidi se zatvoren vodonepropusan model sastavljen od trouglova čije su normale usmerene na spolja. U srednjem delu vidi se nekoliko tipičnih horizontalnih preseka modela. Ovakvi se presseci ponavljaju na svakih 0.1mm visine, a prikazani su preseci koji odgovaraju kotama od 80, 90 i 100 metara nadmorske visine. Na svakoj od kota jasno se vidi koji se deo preseka štampa: šta je to spoljna strana modela, a šta je unutrašnja strana, odnosno strana koja se ispunjava materijalom. Već odavde se može zaključiti da se znatan deo materijala za štampu (i to veoma skupog) troši za izradu zidova modela, možda i vise nego za gornju ploču. Na desnoj strani slike vidi se odštampani model. Dat je pogled na gornju ploču ali i pogled odozdo, gde se jasno vide bočni zidovi i poprečne pregrade.



Slika9. *Triangulisani model / konture ispune na specifičim visinama / odštampani model*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

U tabeli 2. dat je pregled karakteristika tri odštampana modela. Date su njihove razmere, zapremine utrošenog materijala, dimenzije i broj trouglova od kojih se sastoje. Važan podatak su zapremine, jer one određuju cenu modela (npr. 1 EUR/cm^3). Prosto govoreći, vidi se da je cena modela čije su dimenzije reda veličine muške cipele oko 350 EUR. Cena modela veličine deblje A4 knjige je preko 500 EUR. Da modeli nisu ošupljeni primenom spoljnih zidova i poprečnih pregrada i da je odšampan ceo volumen modela između gornje površi i horizontalnog dna, cena štampe bila bi 5, 6 ili 7 puta veća! Odavde se vidi koliko je pored ispravnosti modela (kotrole usmerenosti spoljnih normala trouglova, kontrole vodonepropusnosti itd.) važna i optimizacija modela, odnosno primena tehnika transformacije površinskog modela putnog pojasa (nalik triangulisanoj "krpi") u 3D model vitke gornje ploče oslonjene na relativno tanke zidove i poprečne pregrade.

Interesantno je pogledati i broj trouglova od kojih se modeli iz Tabele 2. sastoje. Taj broj se kreće od 5.700 do 8.800 trouglova po jednom kvadratnom decimetru modela. Ovaj statistički pokazatelj ima smisla jer se model koji proističe iz glavnog projekta sastoji od većeg broja trouglova po jedinici realne površine (po hektaru, na primer) ali se on štampa u krupnijoj razmeri (1:1000, na primer). S druge strane, model koji prostiče iz idejnog projekta sastoji se od manjeg broja trouglova po jedinici teritorije ali se štampa u sitnijoj razmeri. Tako je moguće govoriti o približnoj srednjoj površini štampanog trougla (u milimetrima) za tipičan štampani model niskogradnje (bez obzira na nivo projekta ili razmeru štampe). Ili, što je korisnije, može se govoriti o približnom srednjem broju trouglova štampanog modela po jedinici štampane površine. Ovaj se broj odnosi na ukupan broj trouglova, uključujući i trouglove donje površi gornje ploče i trouglove spoljnih i unutrašnjih strana bočnih zidova i poprečnih pregrada.

Srednji broj trouglova po kvadratnom decimetru pomnožen površinom modela u kvadratnim decimetrima daje procenu ukupnog broja trouglova modela koji se planira za štampu. Ovakav će podatak verovatno biti koristan u budućnosti jer neke od tehnika obrade modela veoma zavise od ukupnog broja trouglova. Na primer, automatsko usmeravanje (preusmeravanje) vektora normala svih trouglova vodonepropusnog modela je veoma komforna tehnika za korisnika ali sam progres ovog proračuna kroz model neproporcionalno se produžava sa porastom broja trouglova.

Tabela 2. *Primeri modela i njihove karakteristike*

Model (ime)	Slika	Zapremina (cm^3)	Razmera	Dimenzije (mm)	Broj trouglova
Neretva (Ulog)		450	1:2500	336x120x100	22639
Spoljna magistralna tangenta		550	1:1000	340x235x28	56051
Anapa		350	1:2500	272x112x170	26464

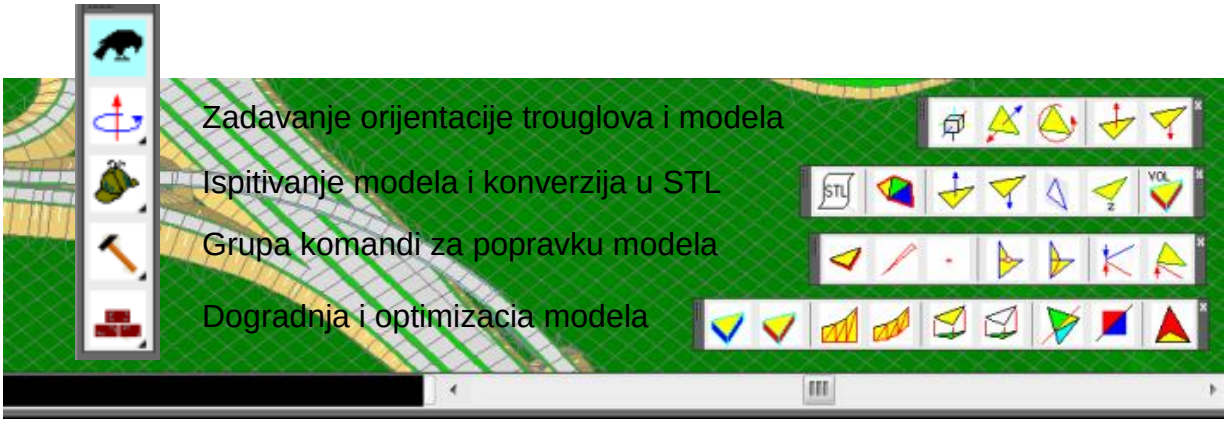
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

Kada se model završi, kada se prekontrolišu i isprave greške u strukturi i orijentaciji modela, pristupa se konverziji modela u "printabilan" format. To podrazumeva ili konverziju modela u *.STL fajl ili, kada je reč o kolor štampi, u *.DXF fajl. Ovde treba dodati i da je 3D štampa vremenski zahtevan proces. Pošto se model štampa po horizontalnim slojevima, odozdo na gore, uobičajeno je da se brzina štampe 3D printera izražava u satima po jedinici visine modela. Sasvim su uobičajene brzine od oko jednog sata po jednom inču visine modela.

5. SOFTVER ZA PRIPREMU MODELA PUTNOG POJASA ZA 3D ŠTAMPU

Ovde je u najkraćim mogućim crtama prikazano softversko rešenje za transformaciju triangulisanog modela putnog pojasa u "3D printabilni" model (Slika 10.). Da se rad ne bi bio pretvorio u promociju dotičnog softverskog rešenja, samo su u najkraćim crtama opisane grupe komandi za transformaciju modela, a to su grupe za:

- ZADAVANJE ORIJENTACIJE TROUGLOVA I MODELA – komande za usmeravanje (orijentaciju) na spolja pojedinačnih trouglova, grupa trouglova ili celog vodonepropusnog modela. Komande za prosto usmeravanje na gore ili na dole odgovarajućih grupa trouglova u slučajevima kada metoda formiranja modela to opravdava i dozvoljava. Markiranje vektora normala izabranih trouglova (višebojno iscrtavanje vektora normala u zavisnosti od toga da li trougao dominantno gleda na gore, na dole, na istok, na zapad, na sever ili na jug.
- ISPITIVANJE MODELA I KONVERZIJU U STL – Traženje ivica modela - završen vodonepropusan model nema ivice i sve pronađene ivice u stvari predstavljaju grešku u modelu. Nekada se ivice markiraju namerno po opsečenoj gornjoj površi, da bi se kroz te ivice, komandama poslednje (četvrte) grupe komandi, spustile površi spoljnih zidova ili pregrada modela. Provera usmerenosti na gore ili na dole. Procena kubature modela. Konverzija modela u *.STL fajl.
- POPRAVKU MODELA – Eliminacija degenerisanih trouglova (duplih, igličastih, tačkastih, slepih). Zatvaranje zazora između trouglova.
- DOGRADNJU I OPTIMIZACIJU MODELA – Kopiranje gornje površi modela na dole (optimizacija debljine gornje ploče modela). Opsecanje modela, formiranje dna modela, formiranje bočnih zidova i pregrada modela. Vertikalno karikiranje modela.



Slika10. *Metodološki raspored CAD komandi za transformaciju triangulisanog modela putnog pojasa u "printabilni" STL model*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

Pitanje vertikalnog karikiranja modela postavlja se često. Za razliku od ogromne većine arhitektonskih i mašinskih modela, modeli putnog pojasa, pa čak i modeli denivelisanih raskrsnica, nemaju tako izraženu treću dimenziju. U poslednjoj grupi komandi postoji komanda koja model može karikirati u vertikalnoj projekciji: 2, 5 ili više puta. Međutim, bilo koji faktor vertikalnog uvećanja koji bi oku amatera razbistrio prostorni koncept rampi denivelisane raskrsnice, na primer, oku profesionalca postrmio bi nagibe kosina useka i nasipa do apsurda.

6. ZAKLJUČAK

3D štampa je u suštini prava tehnologija budućnosti. To nije puka fraza jer je razlika između njenog sadašnjeg i budućeg značaja u tehničkoj civilizaciji ogromna – veća nego kod mnogih tehnologija koje smatramo modernim. Procene su da do kraja decenije veliki broj rezervnih delova neće biti isporučivan servisima za popravku širom sveta, već će servisi štampati te delove. Za jednostavnije popravke korisnici će sami da štampaju i ugrađuju delove.

U svemirskim stanicama, a pogotovu na dugim kosmičkim letovima, gde je koristan teret ograničen, astronauti neće nositi pun magacin rezervnih delova od kojih većina nikad neće biti upotrebljena, već će nositi 3D printer i materijale za štampu i štampaće samo one delove koji se zaista pokvare.



Slika11. *Odštampani model denivelisane raskrsnice sa nivelacionim planom otisnutim kroz prepoznatljive slojeve štampe*
Izvor: GAVRAN – Civil Modeller, GCM++, User's Manual

Što se štampanog modela putnog pojasa tiče, on nikada neće moći da bude efikasan za numeričke analize zaustavne i raspoložive preglednosti. Ta je uloga rezervisana za triangulisani 3D model i prateću softversku podršku. Međutim, maketa je veoma pogodna za prezentacije projekata zainteresovanoj javnosti.

U nekim svojim detaljima, štampani 3D model pokazuje neočekivane kvalitete i pri prezentaciji projektnih rešenja stručnoj javnosti. Na Slici 11. dat je model denivelisane raskrsnice tipa poludeteline sa uvećanim detaljima. Ono što na arhitektonskim i mašinskim maketama "bode" oči jesu prepoznatljivi slojevi štampe,

čak i kada iznose samo 0.1mm. Na ovde pokazanim detaljima ti slojevi su, u stvari, dodatni kvalitet modela jer predstavljaju veoma precizan nivelacioni plan otisnut u 3D. Može se reći da ovakva maketa ne svedoči samo o estetskom uspehu projekta, već svedoči i o kvalitetu tehničkog rešenja.

Literatura

[1] Lorenc, H.; 1980. *Projektovanje i trasiranje puteva i autoputeva.* IRO Građevinska knjiga, Beograd, Jugoslavija. 440.
[2] Gavran, D.; 2012. *GAVRAN – Civil Modeller – GCM++ Rodrigues.*GAVRAN, Beograd, Srbija. 200 p.
[3] Cohee, R.; 2009.*The Convergence of BIM and Digital Prototyping*. Autodesk University, Las Vegas, USA
[4] Krasley, S.; 2010. *Sustainable Design Techniques in Digital Prototyping*. Autodesk University, Las Vegas, USA
[5] Emig, J.; 2010. *Connecting Digital Prototyping to Digital Fabrication*. Autodesk University, Las Vegas, USA

GEOTEHNIČKO PROJEKTOVANJE ZEMLJANIH NASIPA I STABILIZACIONIH MERA PROCESA KLIZANJA PRILIKOM IZGRADNJE KORIDORA 10 NA DEONICI: PROSEK - CRVENA REKA

Srđan Spasojević[1], Dijana Milošević[2]
[1] JV Eptisa – Safage – IRD Engineering, spasojevic_srdjan@yahoo.com;
[2] Institut za puteve a.d Beograd, institutzaputeve2@open.telekom.rs;

Rezime: *Putevi su izrazito dugački infrastrukturni objekti, pa su osnovni preduslovi za izradu dobrog projekta precizni geodetski snimci, i kvalitetna geološka i geotehnička istraženost terena. Nažalost kada se putevi projektu u nepristupačnim terenima i u teškim geološko - geotehničkim uslovima, navedeni preduslovi se ne mogu u potpunosti i u potrebnom kvalitetu ispuniti. Za stvarnu težinu geotehničkih uslova se saznaje tek pri izvođenju, a posledice su izraženi procesi nestabilnosti, uticaj podzemne vode i naravno potreba za dopunskim projektovanjem.*

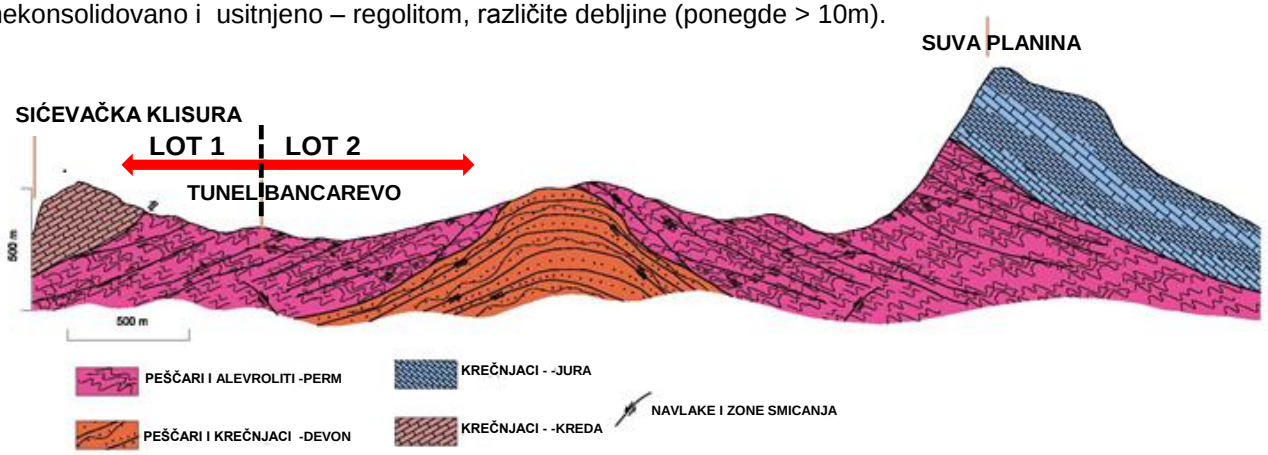
U radu je opisano projektovanje armiranih nasipa u cilju njihove optimizacije, i stabilizacionih mera nastalih procesa klizanja useka tokom izgradnje, sa ciljem da se skrene pažnja na princip pratećeg projektovanja (monitoring projektovanje) za kvalitetno i sigurno izvođenje i prilogođavanje stvarnim uslovima u tlu.

Ključne reči: *putevi, geotehnička istraženost, armirani nasipi, useci, stabilizacione mere, prateće projektovanje.*

1. UVOD

Reljef terena na deonici Autoputa E – 80, od Proseka do Crvene reke, je morfološki brdovito - planinski na njegovom većem delu (obronci Suve Planine), a na manjem delu je ravničarski, u aluvijalnoj zaravni reka Kunovičke, potoka Bobitovac, reke Draguše, Toponičke i Crvene reke. Teren pripada Suvoj Planini, koja je prema jugo – zapadu omeđena Zaplenjskom kotlinom, a na severu i severo-istoku istočnim obodima Niške kotline i Sićevačke klisure.

Tu je i tektonska granica Suve Planine. Na jugo-istoku ograničena je koritničko – lužičkim rasedom. Reljef i morfološka svojstva predela su oblikovani jakim tektonskim procesima (gornja kreda i oligocen). Suva Planina je jedna velika antiklinala koja se pruža u pravcu SZ-JI. Reljef je nastao kretanjem ploče (krečnjačke stenske mase iz doba donje jure i čine jednu ploču) od jugo-zapada ka jugo-istoku, preko starijih formacija – crvenog peščara, i sa njim zajedno ulegala u jednu veliku antiklinalu. Nezavisno od ostalih formacija, isto tako je ulegala u podinu. Konačni oblik je ostvaren fluvijalno – denudacionim i erozionim procesima. Predstavljen je aluvijalnim i terasnim nanosima, proluvijalnim lepezama. Potom, deluvijalnim naslagama, površinskim izmenjenim osnovnim stenskim masama, sa obrazovanim glinovito - peskovitim tlom, koje je nekonsolidovano i usitnjeno – regolitom, različite debljine (ponegde > 10m).



Slika 1. *Geološki prikaz rasprostiranja stenskih masa na deonici i prikaz antiklinale - Suve Planine*

Sadašnji teren je sa gustom i razvijenom hidrogeografskom mrežom. Izložen je snažnim uticajem savremenih geodinamičkih procesa - erozijom (linijskom i planarnom). Jaka erozija je posledica geološke građe terena, tj. permskih crvenih peščara, koji su skloni brzom raspadanju, eroziji i spiranju pod atmosferskim uticajima. Zbog toga se javljaju debele zone raspadine, sa visokim stepenom erodibilnosti. Padine su ispresecane i izbrazdane vododerinama, plitkim i dubokim jarugama, koje se stalno produbljuju. Proces erozije nije završen i traje, pa su česte pojave povremenih ili stalnih potoka, bujičnog karaktera. Prisutno je odnošenje, osipanje i odronjavanje zemljanog materijala. U dolinama reke Draguše, Toponičke i Crvene reke vidljivi su procesi erozije iz viših delova slivova, u vidu terasnih naslaga i aluvijalnih nanosa.

1.1 GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Teren autoputa izgrađuju stenske mase različite starosti. Najstarije tvorevine su crveni permski peščari, koji grade najveći deo terena deonice. Peščari izgrađuju dolinske strane Kunovačke reke, vododelnicu Kunovačke i reke Draguše, odnosno Toponičke reke, sve do ušća Reke Draguše u Toponičku reku. Peščari su sitnozrni do liskunoviti i podređeno kvarcni. Vezani su hirdro-oksidima gvožđa, odnosno glinovito - gvožđevitim (limonitskom) vezom (zbog čega su i crvene boje). Slojeviti su do tankoslojeviti - listasti i mestimično bankoviti i masivni. Stenska masa je naborana, razlomljena, isprskala i raspucala, kao posledica jakih tektonskih sila i delovanjem potisaka u pravcu severo - istoka.

Mogu se podeliti u tri celine: raspadnute peščare (PŠ**), oslabljene peščare (PŠ*) i sveže peščare (PŠ). Peščar je nestišljiv, tj. dobro nosiv sloj, ali je u uslovima visokih zaseka i useka uslovno stabilan, pre svega nestabilan, što zavisi od stepena raspada stenske mase.Po USCS klasifikaciji peščari spadaju u grupe CL; SC; SM-SC; GW-GC.

Potom teren izgradjuju krečnjaci (T_1^2K*) i brečoidni peskoviti krečnjaci (J_3^3 K*) predstavljeni svojim oslabljenim zonama. Prvi navedeni, zastupljeni su samo na kratkom potezu oko stacionaže km: 32+550, sa leve uzbrdne strane. Van putnog pojasa su i nemaju uticaj na izgradnju. Drugi navedeni krečnjaci su subsprudni ili sprudni krečnjaci, bankoviti do slojeviti, tektonski jako oštećeni, naročito u povlatnim zonama. Pukotine su zapunjene crvenicom i sitnom drobinom. Javljaju se na kraćim potezima na stacionažama km: 34+450 – km: 34+625, km: 39+525 – km: 39+575, km: 39+690 – km: 39+750, km: 40+600 – km: 40+650. Na samoj površini terena su pokriveni tankim glinovito – drobinskim tlom, deluvijalnim pokrivačem.

Na manjem delu terena, na potezima od km: 35+850 – km: 36+090 i od km: 37+670 – km: 37+900, u osnovi, na padini sa leve strane je kompleks krečnjaka, peščara i laporaca, predstavljen svojom oslabljenom zonom (K_1^4 K;PŠ;LC*). Mestimično se, izdvaja od ostalog kompleksa samostalno krečnjak (K_1^4K*), dok je na preostalim potezima stenska masa zastupljena kompleksom sa naizmeničnim smenjivanjem pojedinih njegovih litoloških članova. Stenska masa je znatno mehanički oštećena, usled intenzivne tektonske aktivnosti područija.

Potom teren izgrađuju laporovite gline, lapori i laporoviti peščari, podređeno konglomerati ili prašinasto - peskovite gline ($Pl^{LG;L;LPŠ}$), heterogene jezerske naslage pliocena. Zastupljene su od ušća Draguše u Toponičku reku, sa manjim prekidima do kraja deonice. Pojedini slojevi kompleksa se naizmenično smenjuju. Prelazi iz jednog u drugi sloj su postupni i nejasni, u vertikalnom i u horizontalnom smeru, pa granice između njih najčešće je teško, a mestimično i nemoguće tačno definisati. Sredina je uglavnom male vodopropustljivosti do vodonepropusna, sa mogućnošću formiranja retkih lebdećih izdani, u peskovitim sočivima, po pravilu male izdašnosti. Tlo kompleksa je uglavnom teško gnječivo, niske do visoke plastičnosti, dobro konsolidovano, slabo stišljivo do nestišljivo - dobre nosivosti. Po USCS klasifikaciji ove zemljane mase spadaju u grupe CL-CH, ML, SM-SC, GC-GM. I pored toga što su ovi kompleksi dobre nosivosti, u uslovima visokih usecanja - zasecanja su uslovno stabilne, usled heterogenosti, pojave peskovitih zona i proslojaka, u kojima često dolazi do pojave podzemne vode.

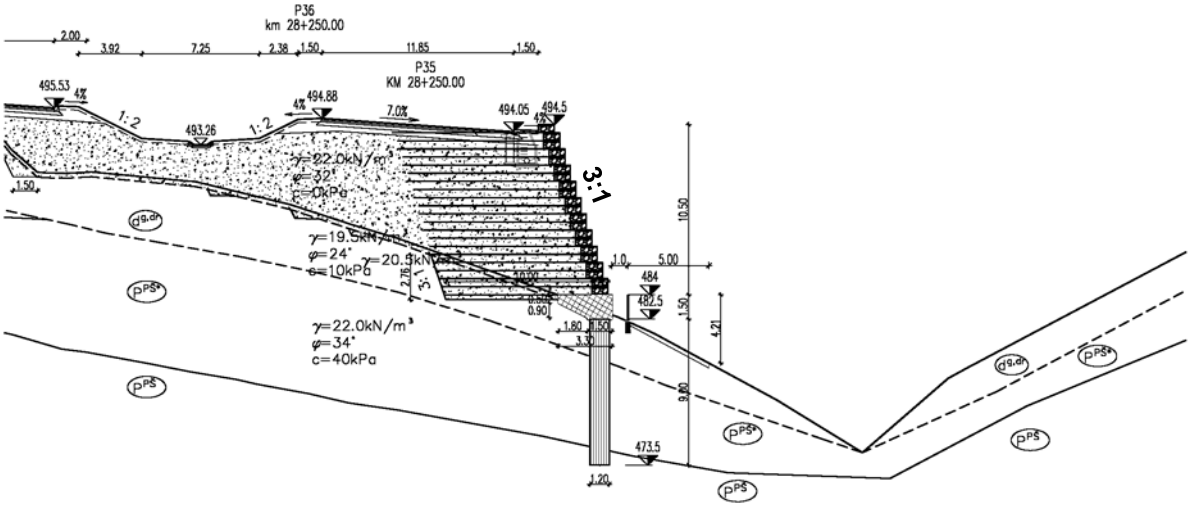
Teren još čine tvorevine savremenih geodinamičkih procesa, glinovito – peskovito - drobinsko tlo ($d^{g,dr}$), utvrđeno na padinskim delovima - deluvijalni sedimenti, potom slabo sortirano i slabo konsolidovano, glinovito –šljunkovito - drobinsko tlo ($pr^{g,š,dr}$), u nožičnim delovima padina, kod uliva jaruga u rečne tokove. Potom, nataloženo u vidu proluvijalnih lepeza, kao i glinovito - peskovito – šljunkovito tlo ($al^{g,p,š}$), u zoni rečnih korita - aluvijalni sedimenti. Naročito se rasprostiru u zaravni Crvene Reke, gde su promenljive debljine i vrlo heterogenog sastav. I na kraju su prisutne prašinasto – peskovite gline i peskovito - glinoviti šljunci, sedimenti rečnih terasa. Veći sadržaj gline je u slojevima pri površini, a sa porastom dubine granulacija je krupnija, a na kraju su zastupljeni samo šljunkovi. Navedene savremene tvorevine su najmlađe naslage, kvartarne starosti.

2. PRATEĆE GEOTEHNIČKO PROJEKTOVANJE

2.1.1 Optimizacija zemljanih nasipa – projektovanje nasipa

U Originalnom – Glavnom projektu najveći broj projektovanih inženjerskih objekata na trasi činile su armirane zemljane konstrukcije sa plastičnim mrežama i gabionskom oblogom. Visoki klasični nasipi su projektovani najveće visine do 12m, a nasipi visine preko 12m, skraćivani su prethodno pomenutim konstrukcijama. Nominalna čvrstoća mreža za armirane nasipe projektovane su u granicama od 100÷200kN/m, dok je materijal za nasipanje predviđen da se dobija iz zaseka i iskopa. Predviđen je da bude dobrih svojstava, od kontinualno graduiranog drobljenog agregata, veličine zrna 10÷80mm. Na pojedinim mestima, mreže su produžavane kako bi se osiguralo da ne dođe do podnožičnog klizanja - kroz temeljno tlo. Kada to nije bilo

moguće produžavanjem mreža, projektovani su bušeni AB šipovi, prečnika Ø1200mm, u nožici. Nagib kosina armirane zemlje sa gabionima, projektovan je u 3:1 (h:b). (Slika 1)



Slika 1. *Prikaz armiranog dela nasipa sa plastičnim mrežama, nagiba kosina 3:1, sa gabionskom oblogom i redom bušenih šipova u nožici*

Već pri početku građenja autoputa, izvođač radova se suočio sa nekoliko izazova. Jedan je nedostatak kvalitetnog kamena (krupnozrnog materijala) predviđenog za ugradnju u armirane zemljane konstrukcije i gabionske koševe, pa čak i u same klasične nasipe. Drugi je, znatno vreme za gradnju takvih zemljanih konstrukcija (pre svega armiranih), čak i ukoliko bi se takav materijal našao na trasi ili transportovao. Iz navedenih razloga, izvšena je optimizacija (pre-projektovanje) armiranih nasipa iz Glavnog projekta.

Za potrebe projektovanja – optimiziranja, izvedena su dopunska istraživanja na lokacijama gde su se prema Glavnom projektu očekivali složeniji uslovi fundiranja visokih nasipa i gde je procenjeno da je kritična njihova stabilnost. Izvedeno je još 5 bušotina i 14 istražnih jama više u odnosu na Glavni projekat, kako bi se utvrdila slojevitost terena, debljina i krutost oslabljenih slojeva pri površini. Terenski istražni radovi na bušenju i SPT ispitivanjima, praćeni su laboratorijskim geomehaničkim ispitivanjima, kako bi se utvrdile fizičke i mehaničke karakteristike tla (vlažnost, zapr. težina, granulometrija, zbijenost, klasifikacija, čvrstoća u aparatu za direktno smicanje, krutost u uslovima sprečenog bočnog širenja itd.). Usled ograničene dužine rada, rezultati istraživanja se neće detaljnije iznositi, ali je uopšteni zaključak svih istražnih radova jasan i sadržan je u naslovu rada.

Optimiziranje zemljanih nasipa zasnivalo se na sledećoj koncepciji:

- nasipi su optimizirani tako da se u što većoj meri izgrađuju od lokalno - iskopanog materijala (uključujući i obližnji tunel Bancarevo)
- ispitivanjem kvaliteta iskopanog materijala iz zaseka na trasi i pri gradnji tunela, ustanovljeno je, da taj materijal uz određene korekcije relativno prikladan za ugradnju
- položaj trase je takav da se većina nasipa gradi na padinama, pa je stoga padine potrebno obraditi stepenastim zasecanjem i izvršiti uređenje i poboljšanje podtla
- mora se postići stabilnost bilo kojih zaštitinih mera i armiranih zemljanih zidova, na klizanje, prevrtanje, nosivost temeljnog tla, kao i unutrašnju stabilnost.
- kosine nasipa moraju se zaštiti od erozije i raspadanja
- mere ne smeju izazvati značajne promene naponskog i deformacijskog stanja usled izgradnje nasipa, posebno sleganja. Sleganja moraju ostati u granicama utvrđenih u Glavnom projektu.
- mere optimizacije ne smeju ugroziti lokalni put, reke, potoke, i odvodne kanale
- granice eksproprijacije se značajno ne smeju ugroziti
- predviđene mere moraju značajno ubrzati građenja, tj. smanjiti koštanje

U skladu sa napred navedenim, u što većem obimu je pokušano smanjiti delove nasipa koji se podupiru armiranom zemljom (geomreže i gabionsku oblogu), s tim da se nasipi sa nedovoljnom stabilnošću u nižim delovima padine, ipak učvršćuju - armiraju na visini od 2.5 – 11.5 m. Tako se kosine nasipa skraćuju i dobija se uniformnija šema zemljanih konstrukcija (samo se menja kosina) i uslovi fundiranja, sa drenažom u temelju. Značajno je umanjena potreba za oblogom od gabionskih koševa.

U Tabeli 1 je dat pregled predviđenih inženjerskih objekata u Glavnom projektu, kao i izvršene mere optimizacije.

Tabela 1. *Nasipi i armirani nasipi prema Glavnom projektu (osenčeni deo), kao i izvršena optimizacija*

Stacionaža nasipa	Dužina	Visina	Inženjerski objekti - Glavni projekat
27+550.00 ÷27+870.35	320.35	12.2m	Nasip (1:2, 1:2.5, 1:3), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 3÷11.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
27+550.00 ÷ 27+654.00	104		H=10.4m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7m) , naniže 1:2 (h:b) / zamena podtla < 4m
27+654.00 ÷ 27+747.00	97		H=14m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=6.5m) , niže armiran nagiba 2:3 (h:b) / zamena podtla do 5m.
27+747.00 ÷ 27+820.00	73		H=6÷7m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7m) / zamena podtla < 4m
27+820.00 ÷ 27+855.00	35		H=14.2m / 1:1.2(h:b) (armirana) / zamena podtla < 4m
27+855.00 ÷ 27+870.35	15.35		H=11.50m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7m) , naniže 1:2 (h:b) / zamena podtla < 4m
27+951.20 - 27+983.57	32.30m	7.3m	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 5.5÷7.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
27+951.20 ÷ 28+983.57	32.30		H=7.3m / 1:2 (h:b) (nearmirana visina H=1.3m), niže 2:3 (h:b) / produžavanje propusta za 4.5m.
28+062.00 - 28+347.17 **28+398.81 - 28+455.05**	341.41 m	11.5m	Nasip (1:2, H=3.0m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 4.5÷14m, red bušenih šipova (Ø1200m) u nožici L=8÷12.5, r=1.6÷2.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
28+062.00 ÷ 28+075.00	13		H=5.4m / 2:3 (h:b) (nearmiran),
28+075.00 ÷ 28+211.00	136		H=10.50m / 3:2 (h:b) ARM / zamena podtla < 3.5m / produžavanje propusta na 28+130 za 1.5 m
28+211.00 ÷ 28+238.00	27		H=10m / 3:2 (h:b) ARM / zamena podtla < 1.5m / bušeni šipovi u nožici L=10m, r=2.5m
28+238.00 ÷ 28+280.00	42		H=12.8m / 2:1 (h:b) ARM / zamena podtla < 1.5m / bušeni šipovi u nožici L=10.5m, r=1.5m
28+280.00 ÷ 28+300.00	20		H=11.0m / 2:1 (h:b) ARM / zamena podtla < 1.5m / bušeni šipovi u nožici L=10.5m, r=2.2m
28+300.00 ÷ 28+335.00	35		H=11.0m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=3.0m), niže deo nasipa 2:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 1.5m / buš. šipovi u nožici L=10.5m, r=2.2m
28+335.00 ÷ 28+343.00	8		H=11.0m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=3.0m), niže deo nasipa 2:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 1.5m / buš. šipovi u nožici L=10.5m, r=1.7m
28+342.00 ÷ 28+347.17 intechange exit	~22		H=17.0m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=4.5m), niže deo nasipa 3:1 (h:b) ARM sa GAB obl.
28+398.81 ÷ 28+377.00 intechange entry	~25		H=14.8m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=4.0m), niže deo nasipa 3:1 (h:b) ARM sa GAB obl.
28+377.00 ÷ 28+385.00	8		H=8.8m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=2.5m), niže deo nasipa 3:2 (h:b) ARM / zam.podtla < 1.5m / buš. šipovi u nožici L=10.5m, r=2.0m
28+385.00 ÷ 28+455.05	60.5		H=7.5m / 1:1 (h:b) ARM / zamena podtla < 1.5m
29+401.03 – 29+632.00 **29+671.00 – 29+707.76**	267.73 m	11.5m	Nasip (1:2, H=1.5m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima(3:1) H= 1÷12.0m, red bušenih šipova (Ø1200m) u nožici L=8.5÷11.5, r=2.0÷2.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
29+401.00 ÷ 29+461.00	40		H=12.5m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=6.0m), niže deo nasipa 1:1 (h:b) ARM, GAB obloga (H=3.0m)
29+461.00 ÷ 29+611.00	150		H=9.0 / 1:2 (h:b) ARM / zamena podtla < 5.0m
29+611.00 ÷ 29+681.00	70		H=7.0m / 2:3 (h:b) (nearmiran) i 1:2 (h:b) na 29+632÷29+671, kao prema Glavnom projektu.
29+681.00 ÷ 29+707.76	26.76		H=12.6m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.0m), niže deo nasipa 1:1 (h:b) ARM / zamena podtla < 3.5m / izbacuje se red šipova u nožici
29+866.41 ÷ 29+909.00 **29+942.00 ÷ 29+977.98**	78.57m	13.3m	Nasip (1:2, H=1.5m, 1:2.5 H=3.0m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 4÷10. 0m, red bušenih šipova (Ø1200m) u nožici L=10.5÷12.0m, r=1.6m

			Nasip i armirana zemlja su navoz na most preko reke Babitovac
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
29+866.41 ÷ 29+898.00	31.59		H=13.1m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.5m), niže deo nasipa 2:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 3.0m / buš. šipovi u nožici L=9.0m, r=2.0m
29+898.00 ÷ 29+909.00	11		H=10.4 / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.0m), niži deo nasipa 1:2 (h:b) / zam.podtla < 1.0m
29+909.00 ÷ 29+978.00	79		H=9.0 / 1:2 (h:b) (nearmiran) / zam.podtla < 1.0m
30+115.20 ÷ 29+137.09	21.89m	10÷12	Nasip (1:2 H=3.0m, 1:2.5 H=3.0m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 2.5÷9.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
29+866.41 ÷ 29+898.00	31.59		Nema modifikacije, nasip ostaje kao i u Glavnom projektu. H=10.5m / 1:2 (h:b), visine H=3.0m, 1:2.5 (h:b) H=3.0-6.0m (nearmiran), niži delovi nasipa (H=7.5m) ARM, nagiba 2:1 (h:b), GAB obloga
30+340.51 ÷ 30+586.22	245.72 m	12.0m	Nasip (1:2 H=3.0m, 1:2.5 H=2.4m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 2.5÷12.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
30+340.51 ÷ 30+350.00	9.5		H=11.3m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.0m), niži deo nasipa 1:2
30+350.00 ÷ 30+370.00	20		H=15.1 / 1:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 0.3m
30+370.00 ÷ 30+402.00	32		H=10.4m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.0m), niži deo nasipa 1:2 / zam.podtla < 3.0m
30+402.00 ÷ 30+462.00	60		H=12.40m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.0m), niže deo nasipa 2:3 (h:b) ARM / zam.podtla < 0.3m
30+462.00 ÷ 30+561.00	99		H=13.7m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.0m), niži deo nasipa 1:2 / zamena podtla < 4.0m u zoni jaruge (30+520)
30+561.00 ÷ 29+586.22	25.22		H=8.0m / 1:2 (h:b) nearmirana visina H=7.0m / zam.podtla < 0.3m
33+597.00 ÷ 33+698	101m	8.0m	Nasip (1:2 H=1.25m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 5.5÷7.0m Nasip i armirana zemlja su uz reku Dragušu
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
30+340.51 ÷ 30+350.00	9.5		pomeranje autoputa 5.5m u stranu dalje od reke H=5.m / 1:2 (h:b) (nearmirana visina H=3.0m), niži deo nasipa 1:2.5
34+219.13 ÷ 34+296.60	77.47m	5.0m	Nasip (1:2 H=0.88m), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= 2.5÷4.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
30+340.51 ÷ 30+350.00	9.5		pomeranje autoputa 14m u stranu H=5.0m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=3.0m)
34+563.00 ÷ 34+694.69	131.70	8.0m	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 5.5÷9.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
34+563.00 ÷ 34+575.00	12		H=7.2m / 1:2 (h:b) (nearmiran)
34+575.00 ÷ 34+625.00	50		H=7.5 / 2:3 (h:b) (nearmiran)
34+625.00 ÷ 34+672.00	47		H=5.0m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=2.5m), niži deo nasipa 2:3 (h:b) ARM / zam.podtla < 0.3m
34+672.00 ÷ 34+694.69	22.69		H=4.5m / 2:3 (h:b) (nearmiran)
35+050.24÷35+262.44 R **35+050.24÷35+262.44 L** **35+279.26÷35+359.78 R** **35+279.26÷35+357.20 L**	426.36	8.0/5.6	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 1.0÷4.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
Desno 35+050.24 ÷ 34+262.44 35+279.36 ÷ 35+359.78	297.72		H=8.0m / 1:2 (h:b) (nearmiran)
Levo 35+206.74 ÷ 35+262.44 35+279.36 ÷ 35+357.20	133.64		H=5.8 / 2:3 (h:b) (nearmiran)

35+450.00 ÷ 35+500.88	50.88	6.5m	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 3.0÷4.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
35+450.00 ÷ 35+500.88	50.88		H=6.6m / 2:3 (h:b) (nearmiran)
36+641.96 ÷ 36+825.00	183.04	8.0m	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 5.0÷7.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
36+641.96 ÷ 36+825.00	183.04		H=8.6m / 2:3 (h:b) (nearmiran)
36+954.74 ÷ 37+075.00	120.26	6.6	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 1.5÷8.0m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
34+563.00 ÷ 34+575.00	12		H=6.6m / 3:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 0.3m, kao prema Glavnom projektu
38+245.39 ÷ 38+494.94	249.55	12.0	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 3.5÷7.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
38+245.39 ÷ 38+275.00	29.55		H=11.6m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=7.5m), niže deo nasipa 3:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 3.0m. Smanjena visina arm. tla u odnosu na Glavni projekat
38+275.00 ÷ 38+494.94	220		H=11.8m / 2:3 (h:b) (nearmirana visina H=8.0m), niže deo nasipa 1:2 (h:b) nearmiran / zam.podtla < 3.0m
38+857.40 ÷ 39+185.01	327.61	11.0	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 5.5÷12.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
38+857.40 ÷ 39+185.01	327.61		H=11.0m / 1:1 (h:b) ARM / zam.podtla < 0.3m
39+982.00 ÷ 40+059.97	77.97	10.4	Nasip (1:2), Arm. zemlja sa plastičnim mrežama i gabionima (3:1) H= = 3.5÷9.5m
Mere optimizacije			Visina kosine / Nagib kosine [h:b] i mere / dodatne mere zaštita nožice
34+563.00 ÷ 34+575.00	77.97		H=10.4m / 1:2 (h:b) (nearmiran), niži deo nasipa 3:1 (h:b), sa GAB oblogom. Nema promene u odnosu na Glavni projekat

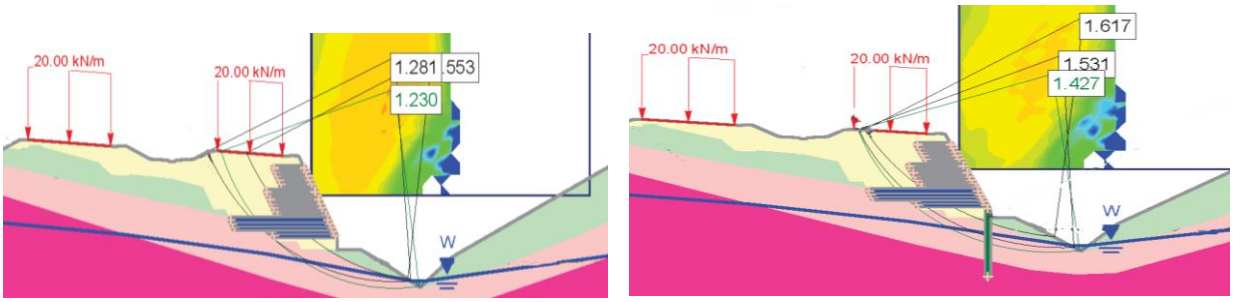
2.1.2 Geostatički proračun klasičnih i armiranih nasipa - armirane zemlje

Klasični nasipi su provereni u programskom paketu *Slide v.5.014*, koji se zasniva na uobičajnim principima granične ravnoteže (LEM). Proračun je sproveden prema pojednostavljenim metodama *Bishop*-a (kružno klizanje) i *Janbu*-a (poligonalno klizanje). U oba postpuka se zanemaruju međulamelarne sile, uz to da nije postignuta potpuna ravnoteža - momenata i ravnoteža sila. Prvi postupak zadovoljava jedino ravnotežu momenata, ali ne i horizontalnih sila, pa se koristi jedino kod kružnih klizanja. Kod klizanja koja nisu kružna u pomenutoj metodi se dobijaju neuravnotežene horizontalne sile, a što kod horizontalnih dejstava (zemljotresa, armiranja kosina) može usloviti nekonzistentne rezultate, ali ne i netačne. Stoga je korišćen i postpak po *Janbu*-u, u kojem je sa druge strane zadovoljena ravnoteža horizontalnih sila, ali ne i ravnoteža momenata. U svakom slučaju pomenuti postupci daju rezultate na strani sigurnosti.

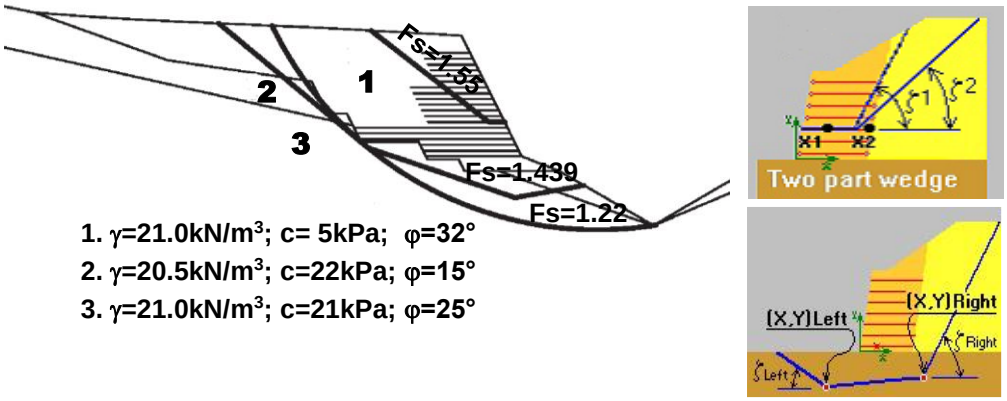
Armirani nasipi su razmatrani prema preoprukama američkog udruženja za puteve FHWA - ,,*MSE Walls and Reinforced Soil – Design & Construction Guidelines*". Armirani nasipi su spregnute konstrukcije, izgrađene od plastičnih mreža i tla ispune. Tlo se pri smičućem naprezanju deformiše i pod naponom je zatezanja i pritiska, sa vrlo malom otpornošću na zatezanje ali znatno većom otpornošću na pritisak. Plastična armatura je fleksibilna zbog male krutost na savijanje, pa samim tim može da preuzima jedino zatezne sile. Postavljanjem geomreža u pravcu deformisanja tla preuzima se deo zatezanja tla. Dakle za dugotrajnu stabilnost armiranog tla potrebno je da postoji kompatibilnost plastičnih mreža i tla, tj. tlo i armatura moraju da deluju zajedno (ostvare sadejstvo) kako bi se sile iz tla prenele na plastičnu armaturu i obrnuto. Armirani nasipi su sračunati prema navedenim američkim preporukama za period korišćenja zemljanih konsrukcija od 120 godina. Korišćen je programski paket *ReSSa v.2.0*, zasnovan na koncepciji graničnog ravnotežnog stanja (LEM) armiranih i nearmiranih zemljanih konstrukcija. Razmatranja su podrazumevala sledeće slučajeve:

- uopštenu - metodu Bishopa ili Janbua za proračun unutrašnje i sveukupne stabilnosti nasipa, kao i moguća klizanja kroz temeljno tlo ispod nasipa (Slika 2 i Slika 3).

- ravna klizanja, mehanizme klizanja u obliku dvostrukog klina. S tim da je razmatrana mogućnost klizanja i po kontaktu između plastičnih mreža i tla, tj. narušavanje sadejstva mreže i tla (Slika 3).
- ravna klizanja, mehanizme klizanja u obliku trostrukog klina kroz temeljno tlo nasipa (podtlo). Pretpostavljen je mehanizam klizanja u obliku izlomljene - plogonalne linije (Slika 3).



Slika 2. *Proračun stabilnosti arm. zemlje bez (levo) i sa učvršćivanjem redom šipova u nožici (desno)*



Slika 3. *Proračun sveukupne i unutrašnje stabilnosti armirane zemlje*

Navedene analize su izvršene kako bi se dokazala dugotrajana stabilnost armiranih nasipa. Analize su izvršene razmatrajući efektivne napone i odgovarajuće efektivne parametre čvrstoće uz uvođenje odgovarajućih Fs za plastičan material – geomreže. U svim analizama je pretpostavljeno pokretno (saobraćajno) opterećenje u iznosu od p=20kN/m^2, što se smatra da je na strani sigurnosti. Zahtevani faktor sigurnosti u odnosu na lom usvojen je prema SRPS-u od Fs>1.4.

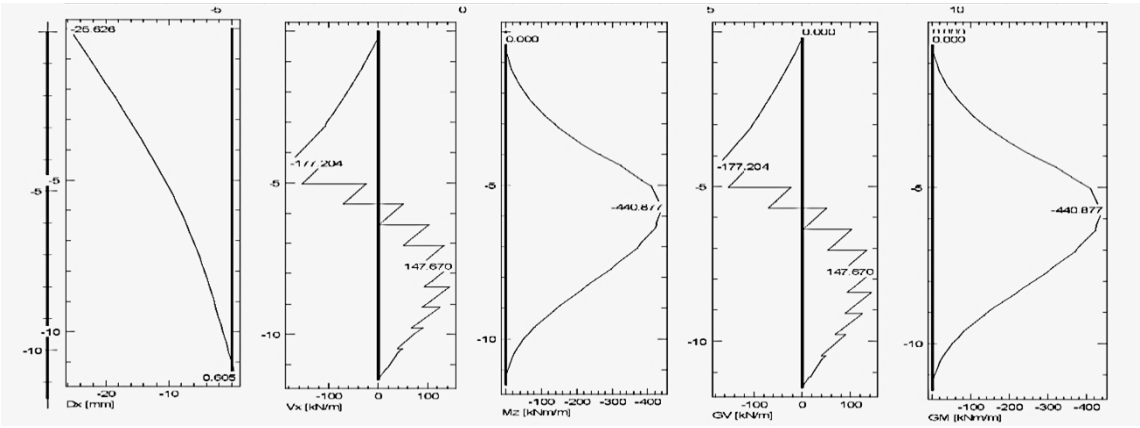
2.1.3 Geostatički proračun bušenih šipova

U slučajevima kada nije bilo moguće ostvariti stabilnost nasipa u nožici, projektovani su bušeni šipovi. Proračun bušenih šipova za stabilizaciju – učvršćivanje nasipa u nožici, sračunati su tako što je razmatrano sledeće:

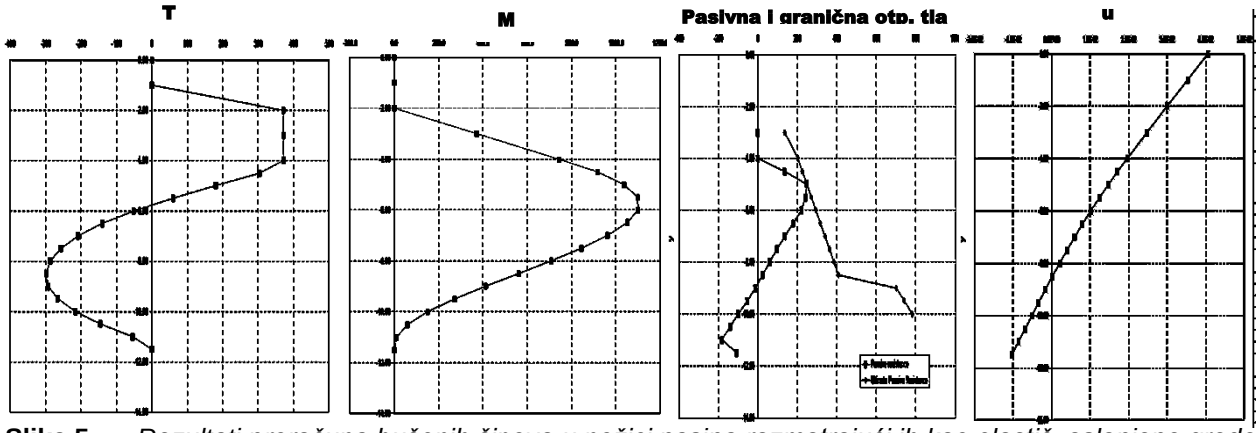
- Proračun sveukupne stabilnosti sistema – arm nasipa i šipova. Ovaj pristup podrazumevao je proračun potrebne nosivosti šipova, kako bi se postigla potrebna stabilnost kosine nasipa, potom se odredilo rastojanje šipova i ostvarile dozvoljene smičuće sile (Slika 2, desno). Nosivost šipova se unosila kao koncetrisana sila (Slide v.5.014).
- Proračun dužina šipova razmatrajući njihovo granično ravnotežno stanje (LEM). Prva vrsta proračuna podrazumevala je proračun aktivnih i pasivnih sila u svemu prema uslovima ravnog stanja deformacija (Coulomb). Pri proračunu je uzet pritisak od površinskog opterećenja iza šipova u iznosu od težine kosine armiranog nasipa, raspodeljenim u nivou naglavne grede. S tim da je pri proračunu pasivnog pritiska, usvojen faktor sigurnosti od Fs=2.0. Na taj način se osigurava sveukupna ravnoteža i stabilnost šipova, tj. ravnotežu aktivnih i pasivnih sila, određujući nultu tačku iznad baze šipova (potpuno uklještenje). Kako bi rezultati bili sa određenom rezervom (usled položaja slojeva tla po dubini), usvojena je visina sloja koji pritiska šipove za ≈0.5÷1.0m viša u odnosu na geološke profile.
- Druga vrsta proračuna (Slika 4), sprovedena je u cilju određivanja unutrašnjih uticaja - sila i momenata na šipove, određene dužine i rastojanja (na osnovu prethodne dve analize). Tlo je pri proračunu modelirano elastičnim oprugama ispod teorijski dobijene nulte tačke, razmatrajući modul krutosti tla k≈E_s/s. Smatra se da je ispod nulte tačke jedino supstrat perma - peščari. Dalje su usvojena pojednostavljena uzimajući u obzir nagib terena i plastifikaciju tla. Prvo uprošćene je povećanje dubina

kliznog sloja, od uobičajnih ≈1.5÷2m, za još 1m u stenovito tlo, a drugo je umanjenje krutosti tla (modula krutosti opruga) u gornjih 1.5m ispod opterećenog dela šipa (ispod dela na kojem deluje aktivni pritisak).

- Obzirom da se prethodni proračun odnosi na ravne – kontinualne zidove i da je usvojen modul elastičnosti tla jednak po dubini, sproveden je i proračuna razmatrajući šipove kao elastično oslonjene grede (Slika 5). Modul elastičnosti je određen na osnovu empirijske formule po Vesić-u i smatra se na strani sigurnosti. Sa druge strane, nosivost tla je poređena sa graničnom pasivnom nosivošću za ravno stanje (Coulomb-u teoriju zamljanih pritisaka), ali ograničenu na debljinu šipova. U slučaju kada se premaši nosivost opruga (tla), krutost opruga se umanjuje kako bi se ostvarila reakcija u oprugama ispod granične vrednosti. Pristup je na strani sigurnosti jer je stvarna - prostorna nosivost šipova (3D) veća od proračunate pri ravnom stanju deformacija (2D) po Coulomb-u.



Slika 4. *Rezultati proračuna šipova u nožici nasipa razmatrajući granično ravnotežno stanje (LEM)*



Slika 5. *Rezultati proračuna bušenih šipova u nožici nasipa razmatrajući ih kao elastič. oslonjene grede*

Sve prethodne analize su na strani sigurnosti još iz sledećih razloga:

- U proračunu je usvojeno da se nosivost postiže jedino šipovima, tj. da nema preraspodele napona usleld deformacija tla, odnosno nema ,,lučnih efekata" tla. Šipovi su na rastojanju od 1.5 – 2.5m. Nosivost tla iza šipa je podcenjena, jer se ne razmatraju prostorni efekti (3D).
- Šipovi su razmatrani kao slobodni, bez sprečenih pomeranje u vrhu, tj. zanemaruje se krutost naglavne grede, što daje uvećane momente savijanja.
- Potrebna smičuća nosivost šipa je određena na osnovu kliznih mehanizama koji su posledica uprošćavanja proračuna, tj. pretpostavke da su klizanja moguća kroz podtlo od permskih peščara, povećanjem dubine ,,kliznog" sloja.
- Rezultati analize šipova sa LEM-om zanemaruju nosivost tla iza šipova (u sloju perma), na dubini od 1.5÷2.0m. Navedeno je pre svojstveno pri proračunu šipova kod nestabilnih - pokrenutih zemljanih masa – klizišta.

2.1.4 Principi izvođenja armiranih i nearm. nasipa, svojstva materijala za nasipanje

Pre izgradnje nasipa projektovano je skidanje > 30cm autohtonog tla – humusa, zbijanje podtla i nasipanje krupnozrnog tla. Kod nagnutog terena, podtlo je potrebno formirati sa dubljim ukopavanjem, sa bermama 0.5

÷1.0m visine i min. 1.0m širine. Najniža širina platforme u nožici potrebno je da bude min. širine od 5.0m, sa poprečnim padom, kako bi se kontrolisano sprovela voda iz trupa puta i izbegli uslovi za formiranje pornih pritisaka.

Nasipi niže visine (do < 5m) gradi će se gde postoji raspoloživi prostor u nagibu 1:2 (b:h) ili u nagibu 2:3 (b:h), ali tako da visina ne pređe 7m. Viši nasipi graditi će se u nagibu 2:3 (b:h) do 7m visine, a niži deo nasipa je potrebno ublažiti tako da budu nagiba 1:2 (b:h). Svi nasipi moraju biti stabilni. Nasipi će se fundirati na dobro nosivom, čvrstom tlu, pa se ne očekuju značajnija sleganja. Većina sleganje će se izvršiti tokom izgradnje nasipa.

Matrijal za nasipanje se može dobiti iskopom iz zaseka na trasi ili obližnjeg tunela. Iskop se izvodi pretežno u permskim peščarima, alevrolitima i glincima, pokrivenim glinama, prašinom ili šljunkovima. Dotični materijal je ispitan i pokazao se prikladnim za ugrađivanje. Sastoji se od sledećih materijala. Prvu vrstu čine kamena drobina i krupnozrni materijal, klasifikacije GC - GM po USCS (tj. A1-A2 po AASHTO-u), veoma je dobar materijal za ugrađivanje i utvrđen je na lokacijama 27+925, 28+400,29+600 i 36+950. Geotehnički parametri otpornosti materijala su c=5kPa (jer sadrži 20-30% sitnozrnog materijala) i φ=32°. Drugu vrstu čine peskovite gline, niske plastičnosti (LL<40%), svrstane po USCS u CL (tj. A6 po AASHTO-u). Srednje vrednosti otpornih parametara materijala dobijene ispitivanjem u aparatu za direktno smicanje iznose c=11kPa i φ=31°, s tim da se zbog višeg sadržaja sitnijih čestica i omekšavanja tokom vremena, stvarnije procenjuju na c=5-10kPa i φ=27°. Materijal je utvrđen na lokaciji 28+250,34+000 i 34+750. Potoji i treći materijal od glinovitog tla, veće plastičnosti (LL>40%), i utvrđen je od km 37+000. Svrstan je u grupu A-7-6 po AASHTO klasifikaciji, ali nije prikladan za ugradnju, pogotovo u nasipe više od 5m i nagiba 2:3 (b:h).

Armirani nasipi se grade po istom principu kao opisani klasični nasipi. Skida se >30cm humusa, nakon čega se postavlja separacioni – netkani geotekstil. Potom se izrađuje drenažni sloj od prirodnog ili lomljenog kamena, debljine >30m. Drenažni sloj u temelju ima svrhu da prikupi i kontrolisano sprovede podzemnu vodu izvan nasipa i kako bi se armirani nasipi fundirali uniformno. Materijal za nasipanje je isti kao i za klasične nasipe, osim kod slučajeva gde su ostavljeni gabionski koševi, gde se celokupni nasip mora izraditi od lomljenog kamenog materijala. Za armiranje se koriste tkane plastične mreže od niti sa visokim zateznim čvrstoćama. Mreže su mehanički i hemijski izdržljive i otporne na biološko raspadanje. Predviđene su mreže nominalne čvrstće od 300, 200 i 100kN u svemu prema SRPS EN ISO 10319.

Kako bi se izbegli uslovi u kojima je moguće formiranje porne vode, usled prodiranja procedne i vode nakon intezivnih padavina, predviđena je pažljiva zaštita kosina, kako kod armiranih, tako i kod nearmiranih nasipa. Predviđeno je razastiranje humusa debljine 20cm i zasađivanje semena trave. Kod strmijih kosina klasičnih ili armiranih nasipa nagiba 2:3 (b:h), kosine se dodatno prekrivaju slojem humusa debljine 20cm i trodimenzionalnom plastičnom mrežom Enkamat ili MacMat. U slučaju armiranih nasipa nagiba 1:1 (b:h), kosine se oblikuju preklapanjem geomreža u kombinaciji sa čeličnim ramovima, na koje se potom najpre postavlja trodimenzionalna plastična mreža, a zatim se razastire humusni sloj,debljine 10-20cm.

2.2 Sanacione mere nastalih procesa klizanja prilikom izgradnje

Nasipi su u pogledu složenosti geotehničkog problema (u naponsko-deformacijskom smislu) u izvesnoj meri, kontrolisani geotehnički problem. Razlikuju se od kosina u tome što možemo izabrati i kontrolisati materijal koji ugrađujemo, što kod kosina nije moguće. Takođe, povezani problemi (disipacija porne vode, nosivost tla, lokalna stabilnost kosina, skupljanje i bubrenje) lakše se uz određene stabilizacione mere mogu rešiti kod nasipa.

Kosine zaseka su, pak suprotno, izložene složenim naponskim stanjima jer se prilikom njihove izgradnje materijal od koga su sačinjene ne može izabrati i konrolisati, zasecanjem se tlo rasterećuje, relaksira, što uz prateće nepovoljnosti (uslojenost, proceđivanje vode, podzemnu vodu, skupljanje i bubrenje) značajno usložava stvari.

Upravo takvi složeni problemi su se javili pri izgradnji autoputa E -80 na LOT-u 1 i 2. Glavni projekat autoputa E – 80, predviđao je izradu visokih zaseka u raznolikim geotehničkim i geomorfološkim uslovima tla. U većin slučaja zaseci su izgrađeni od prašinasto – glinovito – drobinskog tla, znatno proslojenog ili od tla sa slabim međuzrnskim vezama (peščari, alevroliti i raspadnuti brečoidni krečnjaci).

Prašinasto – glinovito – drobinski materijal je uglavnom tvrde konzistencije, niske plastičnosti, sa značajnim sadržajem prašinastih čestica, pa vrlo brzo menja konzistenciju u dodiru sa vodom, a međuzrnske veze se razmekšavaju kada su izložene dužem i jačem naponskom delovanju. U slučaju permskih peščara, i alevrolita međuzrnske veze nisu postojane. Kod peščara i alevrolita sastavljene su od prašinasto – glinovito – gvožđevitih veza, tj. zrna su slepljena smešom glinovito - prašinastog matriksa i oksida gvožđa - Fe_2O_3 (hematita) i smešom oksida gvožđa sa hidroksidima - $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (limonit), produktom hemijskog trošenja i

u obliku zemljanih skrama. U slučaju prašinastih laporaca i brečoidnih peskovitih krečnjaka, međuzrnske veze su izgrađene od peska i karbonata, dok su u manje raspadnutoj steni pukotine ispunjene MnO. Navedene veze se lako narušavaju pod atmosferskim uticajima i inflitracijom površinske vode. Iz navedenih razloga ovi kompleksi podložni su eroziji i spiranju, što u dužem vremenskom periodu može dovesti do slabljenja otpornosti kompleksa. Zanimljivo je da su na nepostojanost ovih veza postojale naznake (ali ne i razmere) u Glavnom projektu, na osnovu geofizičkih terenskih ispitivanja. Rezultati geolektrike tada su znatno varirali i odstupali od pravila da električna otpornost raste sa dubinom, tj. geoelektrična otpornost se naglo menjala na malom rastojanju, što je ukazivalo da su peščari i alevroliti tektonski oštećeni i da postoji prisustvo gvožđevitog veziva i moguća procurivanja kroz diskontinualne zone.

Izvođenje zaseka u širokom potezu, sa relativno strmim kosinama neprekidnih nagiba (po visini), u tlu izrazite slojevitosti i heterogenosti, u većini slučajeva je uslovio razvoj nestabilnosti tokom vremena, manjeg ili većeg obima. U najčešćem broju slučajeva je uočeno prisustvo proceđivanje i delovanje vode. Otvaranjem širokog poteza u propustiljivom tlu, jače se izmenio hidrološki režim terena, tj. skraćen je put vodi, što je bez drenažnih i mera predohrane koje bi usporile ili umanjile vode iz zaleđa, uslovilo uvećanje filtracionih sila, iznošenje sitnijih čestica i lokalna omekšavanja tla. U uslovima gde bi kosine bile sa manjim površinama izloženim atmosferskim uticajem, obim nestabilnosti bio bi manji. Da li je prilikom izvođenja dugih – linijskih objekata, sa kraktim rokovima izgradnje, u značajnoj meri to uopšte bilo moguće, ozbiljno je pitanje. Ne ulazeći u detaljnu problematiku nestabilnosti kosina, iz razloga što se na preostalim potezima do kraja nisu razrešile stabilizacione mere, daje se kratak opis četiri izvedene kosine, odnosno projekti stabilizacinonih mera kosina na Lot-u 1 (od Proseka do Crvene reke).

Kosina C1 (23+050.00÷23+350.00) je u Glavnom projektu projektovana sa nagibom kosine 2:3 (h:b) do stacionaže 25+125, a do kraja sa nagibom 1:1 (h:b). Maksimalne je visine 20m. Kosina C2 (km:23+525.00÷:23+625.00) je projektovana u nagibu 1:1 (h:b). Maksimalne visine je 13m. Kosina C3 (23+675.00÷23+925.00) takođe je navedenog nagiba.

Glavna razlika u odnosu na Glavni projekat je u debljinu prašinasto – glinovite – drobinske raspadine, jače prisustvo procednih i oborinskih voda, kao i. očekivanje da će vremenom doći do narušavanja ranije pomenutih međuzrnskih veza. Iz navedenih i ranije pomenutih razloga, kosine C1, C2 i C3, su preprojektovane na sledeći način:

- kosina C1 je do 23+125 nepromenjenog nagiba, a od 23+150÷23+175, ublažena na 2.4:3 (h:b). Od stacionaže 23+200 pa do kraja preoblikovana je u nagib 1:1(h:b).
- kosina C2 je preoblikovana na nagib 2.4:1 (h:b).
- kosine su učvršćene ugradnjom geotehničkih pasivnih ankera, dužine 12.0m. Pasivni ankeri su prečnika Ø25mm, na smaknutom rastojanju od 3.0 x 3.0m i nagnuti naniže za 10°. Na vrhu se postavljaju čelične pločice 15 x 15 cm, debljine 8mm. Obloženi su zn-al. Zbog znatne heterogenosti predviđena je njihova dalja optimizacija pri izvođenju (skraćenje).
- predviđena je zaštita kosina od erozije, postavljanjem trodimenzionalne plastične mreže, preko koje se postavlja žičana mreža, debljine 3mm, otvor 8 x 10 cm, obložena zn-al.
- na vrhu kosine je predviđen drenažni rov kako bi se prikupila voda nakon intezivnih padavina i kako bi se sprečilo ili umanjio dotok vode iz zaleđa i natapanje kosina.
- po kosini je predviđena ugradnja plastičnih cevi (PVC), tj. otvora za proceđivanje – barbakane. Prečnika su Ø2in, nagnute naviše 5° u odnosu na horizontalu, na rastojanju od 4m i dužine 12.0m. Plastične cevi su na gornjem delu perforirane i umotane u geotekstil. Na ovaj način se sprečava nagomilavanje procednih voda i pornih pritisaka u kosini i njeno razmekšavanje.
- u nožici kosina predviđena je izgradnja 2m širokog zaštitno rova od eventualnog osulinskog materijala

Četvrta kosina C2L je projektovana u Glavnom projektu u nagibu 1:1.5 (h:b), na potezu 24+825÷24+975, a na preostalom potezu u nagibu 3:1 (h:b), sa visinom od 13m. Kosina je projektovana u tlu izgrađenim od laporaca, brečoidnih krečnjaka i konglomerata, kao i raspadnutih krečnjaka. Suštinska razlika u odnosu na Glavni projekat je takođe u nešto većoj debljini sloja prašinasto – glinovito – drobinske raspadine koja pokriva navedene komplekse, procedne vode i ranjivost međuzrnskih veza. Iz navedenih razloga, kako bi se očuvala stabilnost kosine u dužem vremenskom periodu, preprojektovana je na sledeći način, slično prethodnim kosinama:

- na potezu od 24+825 ÷ 25+100 zadržan je nagib kosine od 1:1.5 (h:b), dok je na potezu od 25+025 ÷ 25+113 kosina preoblikovan na 1:1 (h:b).
- razlika u odnosu na prethodne kosine je u tome što je skraćena, projektovanjem bermi, širine 3m, zaštićene betonskom oblogom (MB20) u debljini od 10cm, i učvršćen armaturnom mrežom u sredini.

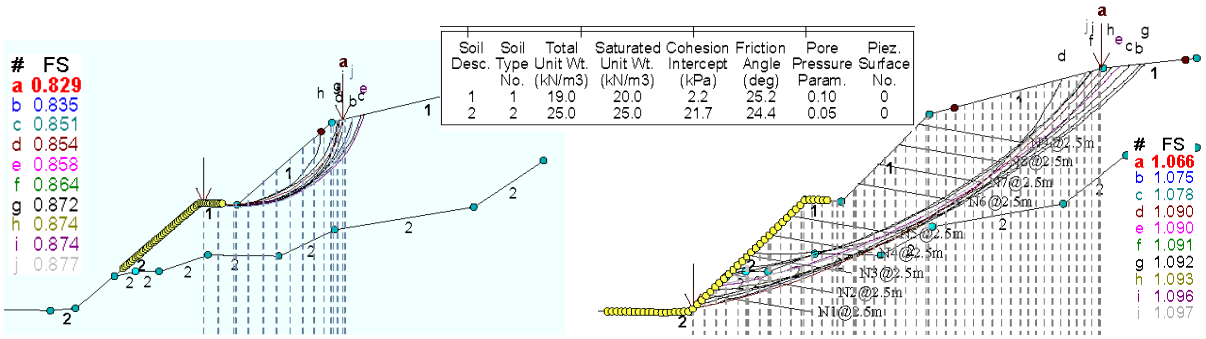
- kosine su kao i prethodne tri učvršćene ugradnjom geotehničkih pasivnih ankera, dužine 6.0m, na potezu 24+825 ÷ 24+900 i sa nagibom kosina 1:1.5 (h:b). Na preostalom potezu, sa kosinama nagiba 1:1 (h:b), dužine su 9.0m. Pasivni ankeri su prečnika Ø25mm, na smaknutom rastojanju od 2.5 x 2.5m i nagnuti su naniže za 10°. Na vrhu se isto postavljaju čelične pločice.
- predviđena je zaštita kosina od erozije, postavljanjem plastične i žičane mreže kao i u prethodnim slučajevima. Žičana mreža je pričvršćena da nalaže na površinu, preko čeličnih pločica i ankera.
- na vrhu kosine je takođe predviđen drenažni rov, kako bi se prikupila voda i umanjio dotok vode iz zaleđa i natapanje kosine.
- po kosini je takođe predviđena ugradnja plastičnih cevi (PVC) - barbakane, istih dimenzija i nagiba kao na prethodnim kosinama, samo što se ovde postavljajaju u četiri reda, i na većem rastojanju (5m), i kraće su (6.0m). Perforirane su i sa geotekstilom.
- u nožici kosina, takođe je predviđen zaštitni rov

2.2.1 Geostatički proračun stabilizacionih mera kosina

Geostatički proračun stabilnosti kosina izvršen je u programskom paketu GSTABL7, na osnovu preporuka američkog udruženja za puteve tj. publikacije FHWA-SA-96-069R. Program GSTABL7 razmatra kružne i poligonalne klizne mehanizme, tj koristi modifikovanu metodu Bishopa i uprošćenu metodu Janbu-a. Zasniva se na jednakim principima kao i Slide, tj kao većina programskih paketa zasnovanih na LEM-u. Analize su izvršene u skladu sa Evrokodom 7 na zahtev izvođača radova, a razmatrane su sledeće proračunske situacije:

- Stabilnost kosina bez i uz stabilizacione mere, pri uobičajnim dejstvima i sa pornim pritiscima u iznosu od r_u=0.10, za glinovito – prašinastu – drobinsku raspadinu, i r_u=0.05 za stenske mase (peščare, alevrolite, breče i konglomerate, krečnjake, laporce).
- Stabilnost kosina bez, i uz stabilizacione mere, pri posebnim hidrološkim - najnepovoljnijim uslovima, sa pornim pritiscima u iznosu od r_u=0.20, za glinovito – prašinastu – drobinsku raspadinu, a za stenske mase sa r_u=0.05.
- Stabilnost kosina u posebnim uslovima, pri dejstvu zemljotresa inteziteta IX stepena po Mercalli – Cancani - Sieberg skali, sa verovatnoćom pojave od 70%.

Obzirom da su kosine proračunate po Evrokodu 7 (pristup DA3), u skladu sa kojim se za opterećenje i materijale usvajaju zasebni parcijalni faktori sigurnosti zavisno od proračunske situacije, zahtevana stabilnost kosina u odnosu na sveukupni lom iznosi Fs > 1.0. Na slici 6, dat je prikaz rezultata proračuna, konkretno za četvrtu kosinu C2L.



Slika 6. *Proračun stabilnosti kosine C2L u programskom paketu GSTABL7 prema konceptu LEM-a. Levo, stabilnost kosine iz Glavnog projekta. Desno, stabilnost kosine nakon stabilizacionih mera*

3. ZAKLJUČAK

Glavni projekat Autoputa E – 80, na LOT-u 1 i LOT-u 2, od Proseka do Crvene reke, predviđao je izradu visokih nasipa i visokih zaseka u raznolikim geotehničkim i geomorfološkim uslovima tla. Pre svega se zasnivao na prognozi geološkog sklopa terena, tj. geotehničkog modela tla. Navedene reči ,,prognoza“ i ‚model“ dovoljno razjašnjavaju okolnosti. U stvarnoj prirodi kod složenih i uslojenih terena, pod jakim uticajima prirodnih sila, teško je odrediti dobre, jasne i tačne modele tla, osim ukoliko ne postoji iscrpno, kvalitetno i pravovremeno geotehničko istraživanje ili pak veliko iskustvo u izgradnji na takvim prostorima. Prilagođavanje stvarnim okolnostima je neizbežno.

U radu je skrenuta pažnja da je u našoj zemlji i dalje uobičajna praksa, da se čak i u slučajevima zahtevnih infrastrukturnih objekata kao što je Autoput E-75, od Proseka do Crvene reke, proces projektovanja, kao i geotehničkih istraživanja ne završavaju izradom projektne dokumentacije, već naprotiv tek počinje –

pratećim projektovanjem i prilagođavanjem stvarnim uslovima u tlu, iako bi faza prethodnog istraživanja i projektovanja morala u najvećoj mogućoj meri da obezbedi optimalno izvođenje. Prateće projektovanje je najčešće potrebno i kako bi se objekti prilagodili tehnološkim mogućnostima izvođača radova i izvršili u predviđenom roku.

Konretno, u slučaju optimiziranja armiranih i nearmiranih nasipa opisanih u radu, ostvarena je ušteda u materijalu od 68,567,305 RSD-a. Oko 57.5% uštede je iznosilo izostavljanje gabionskih koševa sa ispunom od kamena, ~ 23% optimiziranjem bušenih šipova i ~17% skraćivanjem ili uklanjanjem plastičnih mreža na pojedinim potezima. Uštede u radu ljudstva i mašina procenjuju se daleko više.

Što se tiče kosina, troškovi su povećani u odnosu na osnovni Glavni projekat, kako bi se obezbedilo trajno i sigurno rešenje u njihovom eksplotacionom veku. Dodatno osiguranje i preprojektovanje kosina bilo je neophodno osim sa aspekta dugoročne stabilnosti kosina, takođe i zbog bezbednosti saobraćaja, na jednom od najznačajnih autoputskih pravaca u zemlji.

Literatura

[1] ADAMA Engineering, Inc., ReSSA: Reinforced Slope Stability Analysis, developed under contract with Federal Highway Administration, www.msew.com, Newark, DE, 2001.
[2] Bishop, A. W., (1955). The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. Géotechnique. Vol. 5, No. 1, pp. 7-17.
[3] Basurić, N., (2009). Autoput E-80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad, Deonica 2: Bancarevo – Crvena Reka, km 27+550.00 – km 40+650.00, Glavni projekat, Knjiga 2.2.3/3 – Inženjerskogeološki I geotehnički uslovi. Projektna dokumentacija, Institut za puteve. Beograd
[4] Gregory Geotechnical Software. (2001). GSTABL7© with STEDwin© Slope Stability Analysis System. Program Manual, Version 2.0. Available at: www.gregeo.com
[5] Elias, V., Christopher, B.R, (1997). Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Steep Slopes Design and Construction Guidelines. FHWA Demonstration Project 82. Report No. FHWA-SA-96-071.
[6] Evrokod 7: Geotehničko projektovanje. Institut za standardizaciju Srbije, Beograd.
[7] Janbu, N., (1954). Application of composite slip surface for stability analysis. Proceed. of European Conf. on stability of earth slopes, Stockholm, vol 3, pp 43–49.
[8] Janbu, N. (1968). Slope stability computations. Soil Mech. Found. Engng Report. Trondheim: Technical University of Norway.
[9] Lazić, V., Autoput E-80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad, Deonica 2: Bancarevo – Crvena Reka, km 27+550.00 – km 40+650.00, Knjiga 7 – Projekat inženjerskih objekata (potporne i zaštitne konstrukcije), Institut za puteve. Beograd
[10] Milošević, D., Spasojević, S (2013). Autoput E-80 Niš – Dimitrovgrad, Prosek – Crvena Reka (km:18 +125.177 - km: 40+650), Deonica 2, Lot 2: Bancarevo – Crvena reka (km: 27+550.00 - km: 40+650.00), Modifikacija izgradnje nasipa i inženjerskih objekata, km:35+050.00 - km:40+650.00. Projektna dokumentacija, Institut za puteve. Beograd
[11] Milošević, D., (2013). Autoput E - 80 Niš - Dimitrovgrad, Prosek - Crvena reka (km: 18 + 125.177 - km: 40+650), Deonica 1, Lot 1: Prosek – Crvena reka (Glavni projekat modifikacije izvođenja useka C1 km:23+050.00 do km:23+350.0, C2 km:23+525.00 do km:23+625.00, C3 km:23+675.00 to km:23+925.00, Projektna dokumentacija, Institut za puteve. Beograd
[12] Slide V.5.014 (2005). Stability analysis for soil and rock slopes. Slide, User's Guide, Geomechanics Software Solutions, Rocscience Inc., Canada. Available at: www.rocscience.com
[13] SRPS EN ISO 10319 (2012). Geotekstil - Ispitivanje zatezanjem metodom širokog laboratorijskog uzorka. Institut za standardizaciju Srbije, Beograd
[14] Spasojević, S., Milošević, D., (2013). Autoput E-80 Niš – Dimitrovgrad, Prosek – Crvena Reka (km: 18 + 125.177 - km: 40+650), Deonica 2, Lot 2: Bancarevo – Crvena reka (km: 27+550.00 - km: 40+650.00), Modifikacija izgradnje nasipa i inženjerskih objekata, km:27+550.00 - km:35+050.00. Projektna dokumentacija, Institut za puteve. Beograd
[15] Spasojević, S., (2014). Autoput E - 80 Niš - Dimitrovgrad, Prosek - Crvena reka (km: 18 + 125.177 - km: 40+650), Deonica 1, Lot 1: Prosek – Crvena reka (km: 18+125.17 - km: 27+550.00) Glavni projekat modifikacije izvođenja useka Usek C2 km:24+825.00 do km:25+113.00. Projektna dokumentacija, Institut za puteve. Beograd

ULOGA SEKRETARIJATA ZA SAOBRAĆAJ U POSTUPKU PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA ULIČNE MREŽE GRADA BEOGRADA

Andrijana Pešić[11], Daniela Janković[2], Svetlana Stevanović[3], Ognjen-Petar Todorović[4]
[1]*Gradska uprava – Sekretarijat za saobraćaj, andrijana.pesic@beograd.gov.rs*
[2]*Gradska uprava – Sekretarijat za saobraćaj, daniela.jankovic@beograd.gov.rs*
[3]*Gradska uprava – Sekretarijat za saobraćaj, svetlanastevanovic@beograd.gov.rs*
[4]*Gradska uprava – Sekretarijat za saobraćaj, ognjenpetar.todorovic@beograd.gov.rs*

Rezime: *Ubrzan, nedovoljno planski, razvoj Beograda, u prostornom i funkcionalnom smislu, doveo je do nesklada između saobraćajnih kapaciteta i potreba gradskih funkcija. U skladu sa tim neophodan je adekvatan planski razvoj grada. U ovom radu prikazana je uloga i iskustvo Sekretarijata za saobraćaj, u procesu planiranja i projektovanja ulične mreže grada. Sistematizacijom više normativnih dokumenata, odnosno odgovarajućih zakona i pravilnika iz oblasti planiranja, projektovanja, izgradnje, bezbednosti saobraćaja, ali i stručnim znanjem i iskustvom stečenim u praksi, Sekretarijat za saobraćaj učestvuje u planiranju grada kao celine, kao i definisanju konkretnih saobraćajno – tehničkih rešenja. Adekvatno definisana i dosledna primena tehničke regulative, na svim nivoima planiranja, projektovanja i izgradnje ulične mreže, dovela bi do poboljšanja stanja saobraćajnog sistema grada, odnosno sprečilo bi dalju izgradnju saobraćajnica koje svojim eksploatacionim mogućnostima nezadovoljavaju osnovne saobraćajno-tehničke uslove.*

Ključne reči*: planska dokumentacija, tehnička regulativa, saobraćajno – tehnički uslovi, iskustva, Gradska uprava grada Beograda - Sekretarijat za saobraćaj*

1. UVOD

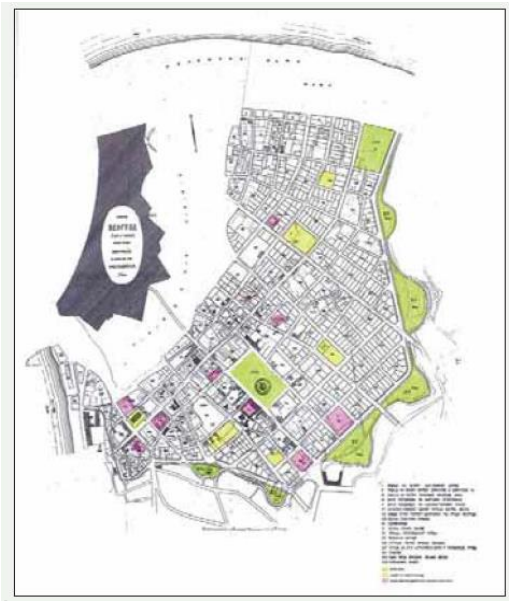
Planiranje predstavlja proces kojim se određuju ciljevi u svakodnevnom životu u poslovnoj, porodičnoj i drugim sferama našeg interesovanja. Neadekvatno planiranje dovodi do haosa, te se ovom procesu mora dati primarni značaj. Sekretarijat za saobraćaj ima privilegiju i čast da učestvuje u procesu planiranja Grada Beograda u delu planiranja i projektovanja gradske ulične mreže.

Pionirski zahvati u planiranju Grada Beograda javljaju se još početkom 18. veka kada su Austrijanci planirali izgradnju "Beograda van Šanca". Od tada pa do danas Beograd je preživeo mnoge planove uređenja i jedan plan rušenja (1740.god.). Razvoj ulične mreže grada počeo je 1867. god. po odlasku Turaka, kada je usvojen Regulacioni plan Beograda Emilijana Josimovića - prvog srpskog urbaniste.



Slika 1. *KAPETAN AMAN, Okolina Beograda 1721. godine, Amanova mapa za okolinu Beograda je najstariji do sada poznati kartografski dokument krupne razmere. Od izuzetnoga je značaja za prostorno-urbanističko istraživanje Beograda*
Izvor: Beograd u mapama i planovima od XVIII do XXI veka

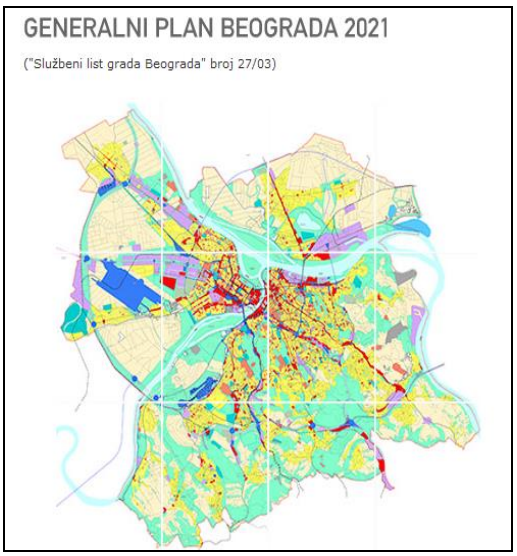
[1] Autor zadužen za korespodenciju: andrijana.pesic@beograd.gov.rs



Slika 2. *EMILIJAN JOSIMOVIĆ (1821, Stara Moldava, Rumunija – 1897, Sokobanja, Srbija) – prvi srpski urbanista „Stari Beograd (deo u Šancu) kako sada postoji i kako bi bio regulisan“, 1867. godine.*
Izvor: (Beograd u mapama i planovima od XVIII do XXI veka

Jedna od prvih ulica koja je prema tom planu izgrađena, a i danas tako izgleda jeste Ulica kneza Mihaila. Krajem 19. veka Nemanjina ulica postaje jedna od glavnih gradskih saobraćajnica. Njena regulacija je i danas ista kao na početku, a broj vozila se povećao sa jednog automobila koji je došao u Srbiju 03.04.1903. do oko 500.000 koliko ih je danas registrovano.

Tako, kilometar po kilometar, širila se ulična mreža grada. Jedan od retkih delova grada na kom su prvo izgrađene unapred isplanirane saobraćajnice jeste Novi Beograd. Široki bulevari sa po tri trake po smeru i vrlo često razdelnim ostrvom u početku su ličili na mini autoputeve u bespuću. Danas Novi Beograd ima oko 200.000 stanovnika, a postojeći kapaciteti novobeogradskih bulevara, pružaju bolji nivo usluga od postojećih kapaciteta starog dela Beograd. Naspram ravničarsko dela grada tj. Novog Beograda, u starom delu grada koji se nalazi na oko 30-tak brda, postaje tesno, a mesta za proširenje postojećih ulica je minimalno i to na račun starih kuća planiranih za rušenje.



Slika 3. *Generalni plan Beograda 2021.*
Izvor: www.urbel.com

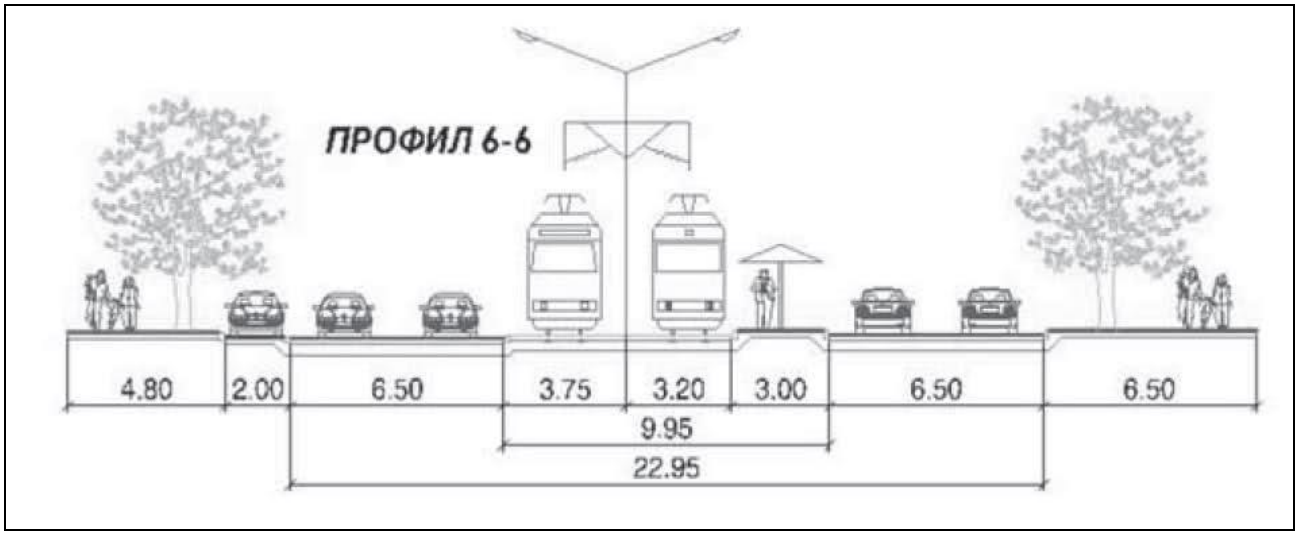
Sekretarijat za saobraćaj, kao deo Gradske uprave grada Beograda, nadležan je za poslove upravljanja saobraćajnim i transportnim sistemom grada Beograda. Osim toga, učestvuje i u planiranju budućeg razvoja Grada sa aspekta saobraćaja i razvoja ulične mreže. U ovom radu je prikazana uloga koju Sekretarijat za saobraćaj ima u procesu planiranja i projektovanja ulične mreže grada Beograda.

2. ULOGA SEKRETARIJATA ZA SAOBRAĆAJ U PLANIRANJU I PROJEKTOVANJU ULIČNE MREŽE

Sekretarijat za saobraćaj, kroz uslove i saglasnosti, u toku planiranja i projektovanja ulične mreže definiše pojedinačne elemente saobraćajnog sistema, kao i saobraćajni sistem u celini. Učešćem u izradi planskih dokumenta, na nivou Grada, kroz izdavanje saobraćajno-tehničkih uslova, Sekretarijat za saobraćaj pokušava da obezbedi saobraćajno rešenje koje će što bolje zadovoljiti potrebe korisnika planiranih sadržaja i koje će se uklopiti u strateški koncept razvoja Grada i projektovani model upravljanja saobraćajem. Planiranje i projektovanje ulične mreže mora biti bazirano na proučavanju sadašnjih i predviđanju budućih potreba korisnika transportnih usluga. Zahteva istraživanje, analiziranje, identifikaciju i kvantifikaciju zahteva potencijalnih korisnika, kao i praćenje i kontrolu realizacije definisanog nivoa kvaliteta usluga i preduzimanje blagovremenih i adekvatnih mera kako bi se ovaj nivo postigao. Dakle, pri izradi planske dokumentacije, na osnovu namene područja i očekivanih kategorija učesnika u saobraćaju, određuju se elementi ulične mreže, a kasnije na nivou projektovanja vrši se dimenzionisanje same kolovozne konstrukcije, u skladu sa planiranim obimom i strukturom vozila, koji će se kretati planiranim ulicama.

Prilikom izrada planova detaljne regulacije, a što je naročito izraženo prilikom planiranja novih naselja ili novih delova grada, Sekretarijat za saobraćaj određuje prostorne modele ulične mreže sagledavajući uslove organizacije saobraćaja, kako motornog, tako i pešačkog i biciklističkog, kriterijume opsluživanja javnim gradskim prevozom, uslove topografije i slično.

Svaka celina može se izmeniti promenom ili dodavanjem niza pojedinačnih elemenata. Te promene mogu biti povoljne ili nepovoljne posmatrano iz ugla saobraćajnog sistema Grada. Sekretarijat za saobraćaj mora sagledavati predložene i moguće širine regulacija, sa aspekta budućeg projektovanja ulica. U okviru buduće regulacije moraju se smestiti svi funkcionalni elementi poprečnog profila buduće saobraćajnice. Uloga Sekretarijata za saobraćaj je da sagleda celokupan saobraćajni sistem grada Beograda i njegove podceline i da u što boljoj meri očuva funkciju saobraćaja.



Slika 4. *Primer poprečnog profila ulice*
Izvor: www.beoland.com

Nedoslednost u sprovođenju, ali i nedostatak planske dokumentacije, u proteklim godinama, doveo je do uočljivog nesklada između željenog/planiranog i postojećeg stanja saobraćajnog sistema Grada. Dovoljno je pomenuti stihijski nastala naselja (Kaluđerica, Mali Mokri Lug, Jajinci, Mirijevo, ...), u kojima je neplanska izgradnja uticala, pre svega, na nemogućnost realizacije planiranih trasa određenih saobraćajnih pravaca (Avalski put, nastavak Ulice Vojislava Ilića kroz naselje Padina, unutrašnji magistralni poluprsten (UMP) i dr.), ali i na spontanu izgradnju ulične mreže unutar naselja koja ne odgovara propisima i nije u saglasnosti sa Planom, što dovodi do činjenice da je odvijanje saobraćaja na ovakvoj mreži nebezbedno, a upravljanje gotovo nemoguće.

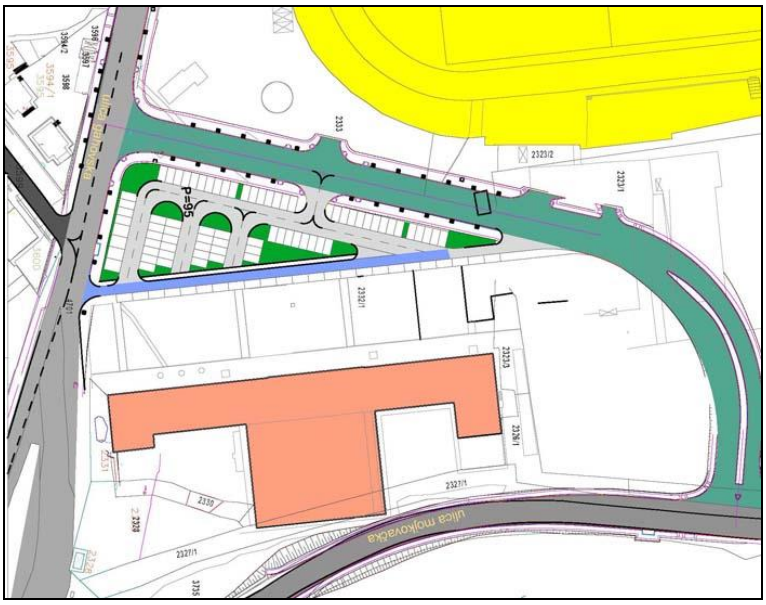


Slika 5. Ulična mreža u neplanskim naseljima



Slika 6. Ulična mreža u neplanskim naseljima

Pri izradi planske dokumentacije, a naročito pri sprovođenju planova, mora se voditi računa i o delu zemljišta koje je namenjeno odvijanju saobraćaja, ali nije deo javne saobraćajne površine i služi za pristup parcelama koje nemaju direktan pristup javnoj saobraćajnoj površini. Ove površine, planovima detaljne regulacije, a ni važećim propisima, nisu dovoljno tretirane. Površine namenjene pristupnim putevima obično svojim situaciono-nivelacionim elementima ne zadovoljavaju minimalne uslove za neometano i bezbedno odvijanje saobraćaja na njima. Zbog toga, ne samo da umanjuju kvalitet života okolnog područja, već ostavljaju posledice na uličnu mrežu Grada i utiču na njeno dalje planiranje. Pristupni put, nastao parcelacijom na ostalom zemljištu, u funkcionalnom smislu postaje saobraćajnica, koja se priključuje na javnu saobraćajnu površinu. Pristupni put mora da zadovolji uslove kako pristupa građevinskim parcelama, tako i uslove uklapanja u okolnu uličnu mrežu. Na primer, postavljanjem pristupnog puta u ili blizu zone raskrsnice, pristupni put i raskrsnica postaju manje bezbedni. Takođe, nekada je bolje rešenje postaviti dva pristupna puta jedan preko puta drugog i time formirati pravilnu četvorokraku raskrsnicu, nego formirati dve "T" raskrsnice u neposrednoj blizini. Izdavanjem saobraćajno-tehničkih uslova za izgradnju ovakvih puteva, ali i pojedinačnih objekata, dopunjuju se važeći propisi, ali se i sagledava konkretno saobraćajno rešenje u širem kontekstu.



Slika 7. *Primer pristupnih puteva koji formiraju pravilnu četvorokraku raskrsnicu*
Izvor: www.cetinje-mojgrad.org

Uloga Sekretarijata za saobraćaj je da svaku ulicu, raskrsnicu, kolski pristup i sve elemente saobraćajnog sistema grada Beograda, sagleda kako pojedinačno tako i kao deo celokupnog saobraćajnog sistema. Grubo posmatrano, svaka jedinica saobraćajnog sistema je samostalna (npr. kolski ulaz). Međutim pojedinačni elementi sistema nikada ne funkcionišu samostalno, već im je potrebno pridružiti i ostale elemente sistema (npr. da li je taj kolski ulaz u jednosmernom ili dvosmernom sistemu kretanja, da li se u blizini nalazi još neki kolski ulaz koji bi međusobno mogli da se ometaju i sl.).

Kolski ulaz predstavlja mesto priključka neke parcele na javnu saobraćajnu površinu. U gradskoj zoni, kolski ulazi/izlazi najčešće se projektuju preko trotoara. Ako bi se sa velikom učestalošću trotoar presecao kolskim ulazima i izlazima, izgubio bi svoju osnovnu funkciju, jer bi saobraćaj pešaka, bio prekinut. Sekretarijat za saobraćaj kroz svoje uslove i saglasnosti na projekte pokušava da smanji broj konflikata vozilo/pešak i obezbedi kontinuitet kretanja pešaka duž trotoara, smanjivanjem broja kolskih ulaza i postavljanjem kolskih ulaza (uz određene kriterijume) preko upuštenih ivičnjaka i ojačanih trotoara. Primer ulice, na kojoj broj kolskih ulaza nije prilagođen značaju i rangu puta, je deonica Zrenjaninskog puta kroz Beograd. Deo državnog puta prvog reda je pretvoren u gradsku ulicu koja je napadnuta velikim brojem kolskih ulaza, pristupa i bočnih ulica, tako da se njegova funkcija, kao kvalitetne saobraćajnice koja povezuje magistralne pravce, izgubila.

Izdavanjem uslova za konkretna saobraćajna rešenja za pojedinačne parcele, koji tretiraju sve elemente saobraćajnog rešenja (pozicije i širine kolskih pristupa, organizacija kretanja na parceli, način opsluživanja dostavnim i komunalnim vozilima, broj i dimenzije parking mesta, pešačka kretanja i sl.) stvaraju se bolji uslovi za funkcionisanje i upravljanje, a samim tim i za planiranje saobraćaja na makro nivou. Svako saobraćajno rešenje projektovano na pojedinačnoj parceli, svoje uticaje prenosi na okolnu uličnu mrežu. Na primer, ukoliko saobraćajno rešenje unutar parcele ne podržava bezbedno i neometano kretanje teretnih vozila, a objekat ima potrebu za dostavom, tada će se dostava vršiti sa kolovoza i time značajno ometati saobraćaj na okolnoj uličnoj mreži. Takođe, nedostatak broja parking mesta na parceli i loše rešenje parkiranja (nedovoljne dimenzije parking mesta i prostora za manevrisanje) direktno utiče na odvijanje saobraćaja na uličnoj mreži, jer se povećava broj zahteva za parkiranjem na ulicama i zauzimaju se površine namenjene za kretanje pešaka i vozila.

Iz gornjih primera se može zaključiti, sa stanovišta održivosti planiranog koncepta saobraćaja na nivou Grada, da je pri izradi planova neophodna detaljna analiza i što detaljnija kvantifikacija svih parametara koji utiču na saobraćajno rešenje, ali i dodatna kontrola realizacije i prilagođavanja planiranih saobraćajnih rešenja novonastalim zahtevima okolnog tkiva, u postupku sprovođenja planova.

3. IDEJNI/GLAVNI PROJEKTI ULICA – NORMATIVNI OKVIR

Planiranje, projektovanje, izgradnja, upravljanje i održavanje ulične mreže definisano je sledećom zakonskom regulativom zajedno sa pratećim podzakonskim aktima:

- Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS" br. 72/09, 81/09-ispravka, 64/10-odluka US, 24/11,121/12, 42/13-odluka US, 50/13-odluka US i 98/13-odluka US)
- Zakon o bezbednosti saobraćaja ("Sl. glasnik RS", br. 41/09, 53/10, 101/11 i 32/13 – Odluka US)
- Zakon o javnim putevima ("Sl. glasnik RS" br. 101/2005, 123/2007, 104/2013).

Prema važećoj zakonskoj regulativi, putevi moraju biti projektovani, izgrađeni, rekonstruisani i održavani tako da se saobraćaj na njima može odvijati nesmetano i bezbedno i moraju ispunjavati propisane uslove. Takođe, Zakonom o bezbednosti saobraćaja je definisana obaveza svih subjekata (a tu se misli i na subjekte na lokalnom nivou) da omoguće bezbedan saobraćaj na uličnoj mreži za sve učesnike u saobraćaju. U skladu sa tim je i članom 156. Zakona o bezbednosti saobraćaja definisana obaveza da upravljač puta obezbedi nezavisnu i sistematsku proveru planova i projekata puta sa aspekta bezbednosti saobraćaja. To bi praktično značilo angažovanje nezavisnog stručnog tima radi davanja nezavisne ocene bezbednosti planova i projekata saobraćajnica, odnosno puteva. Napominjemo da je važećim Zakonom o bezbednosti saobraćaja, osim definisanih obaveza upravljača puta da sprovodi odgovarajuće provere uticaja puta na bezbednost saobraćaja (od faze planiranja novog puta, do održavanja izgrađenog puta), definisano i da bliže uslove u pogledu analize uticaja novog puta na okolnu uličnu mrežu i nezavisne provere projekte dokumentacije za izgradnju i rekonstrukciju puta, treba da donese ministar nadležan za poslove saobraćaja.

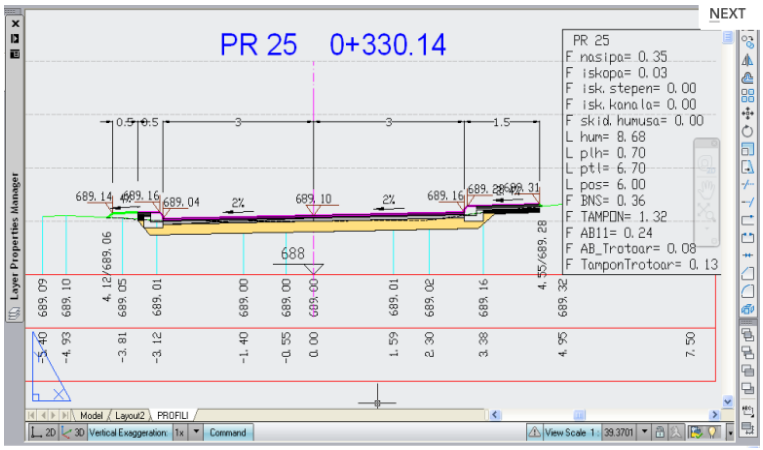
Prema dosadašnjim svetskim iskustvima, korist od prethodne detaljne provere projekata planiranih puteva (ili puteva koji se rekonstruišu) je višestruka, počev od ekonomskih poboljšanja, usled smanjenja saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica, pa sve do projektnih poboljšanja. Cilj revizije projekata je da svaki projekat novih puteva ili rehabilitacije postojećih puteva bude ocenjen sa tačke bezbednosti saobraćaja, tako da sva rešenja koja nisu adekvatna budu na vreme uočena i otklonjena, tako da se omogući visok nivo bezbednosti saobraćaja, kako na projektovanoj deonici puta, tako i na okolnoj uličnoj mreži. Treba naglasiti da je višestruko jednostavnije ispravljati rešenje iz projekta dok je još na papiru, nego kada bude realizovano na terenu. Sa druge strane, nedostatak revizije, tj. nezavisne provere projektne dokumentacije za izgradnju puteva, bi se ogledao u povećanju troškova, kao što su: troškovi angažovanja revizora, troškovi kašnjenja projekata i troškovi ispravki projekata. Međutim, svetska iskustva pokazuju da je odnos troškova i koristi od 1:3 do preko 1:240, pa je opravdana provera planova i projekata sa aspekta bezbednosti saobraćaja.

U postupku izrade i definisanja saobraćajnog rešenja, kao sastavnog dela planske dokumentacije (Plana detaljne regulacije), Sekretarijat za saobraćaj sagledava predloženo saobraćajno rešenje iz plana i izdaje uslove i preporuke iz svoje nadležnosti. U toj fazi se ulična mreža uglavnom razrađuje na nivou Idejnog projekta. U postupku detaljne analize predloženog saobraćajnog rešenja sagledavamo sledeće:

- funkciju puta u uličnoj mreži Grada;
- pružanje trasa puteva;
- izgled raskrsnica i petlji;
- horizontalni, vertikalni i poprečni profil puteva;
- širine saobraćajnih traka;
- preglednost;
- planirane površine za kretanje pešaka, uključujući i hendikepirane osobe;
- površine za kretanje biciklista;
- javne i privatne sadržaje planirane uz put i okolinu pored puta i
- primenjene standarde vezane za projektovanje itd.

Nakon što se pružanje trase i širina regulacije definiše Planom detaljne regulacije, što bi bio osnov za realizaciju (izgradnju) ulične mreže, u sledećem koraku – izgradnja puta, Sekretarijat za saobraćaj učestvuje na taj način što detaljno sagledava Glavni projekat za izgradnju (rekonstrukciju) puta i izdaje najpre saobraćajno-tehničke uslove za potrebe izrade Glavnog projekta, a zatim Mišljenje (saglasnost) na Glavni projekat. U ovom koraku detaljnom analizom predloženog saobraćajnog rešenja iz Glavnog projekta sagledava se sledeće:

- geometrije i položaj raskrsnica na posmatranim deonicama puteva;
- broj i namena saobraćajnih traka na svakom od prilaza raskrsnicama;
- broj i širine saobraćajnih traka duž deonica puteva;
- širine pešačkih staza i trotoara;
- položaj i širine biciklističkih traka i staza;
- položaj i dimenzije uličnog parkirališta;
- postojanje i geometrije ostrva na kolovozu;
- zaštitna oprema pored puta;
- potencijalne opasnosti pored puta;
- upušteni ivičnjaci na pešačkim prelazima i pristupni pešački prelazi za osobe sa invaliditetom;
- saobraćajnu signalizaciju;
- pešačke ograde;
- primenjene standarde vezane za projektovanje itd.



Slika 8. *Primer detalja projekta ulice*
Izvor: www.autodesk.com

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnjom praksom, u poslednjih desetak godina, na lokalnom nivou grada Beograda, Sekretarijat za saobraćaj izdavanjem tzv. Uslova, odnosno Mišljenja, vrši proveru planske i projektne dokumentacije za izgradnju i rekonstrukciju putne mreže na teritoriji grada Beograda. Učestvovanje Sekretarijata za saobraćaj u postupku kontrole planske i projektne dokumentacije za izgradnju putne mreže ogleda se prevashodno u:

- kontroli pravilne primene odgovarajuće tehničke regulative za projektovanje,
- proveri uklapanja novoplaniranog rešenja u okolnu (postojeću) uličnu mrežu,
- identifikovanju potencijalnih problema bezbednosti i protoka saobraćaja na putevima i
- izdavanju uslova i preporuka za rešenja problema na posmatranoj uličnoj mreži primenom odgovarajućih saobraćajno-tehničkih mera.

Praksa Sekretarijata za saobraćaj je pokazala da se izradi planske i projektne dokumentacije za izgradnju i rekonstrukciju gradske ulične mreže često pristupa bez prethodno obavljenih saobraćajnih analiza i prognoza koje definišu postojeće i očekivane saobraćajne potrebe. Takođe, ne postoje detaljno razrađene norme i standardi za projektovanje ulične mreže u gradskim uslovima kao ni za saobraćajna rešenja van ulične mreže.

Shodno tome, Sekretarijat za saobraćaj smatra da bi bila neophodna izrada pravilnika kojim bi se jasno definisali svi elementi za projektovanje gradske ulične mreže, ali i neophodnost izrade saobraćajnih analiza i prognoza koje bi prethodile procesu projektovanja. Takođe, smatramo da je potrebno donošenje i pravilnika kojim bi se definisala saobraćajna rešenja van ulične mreže (unutarblokovske površine, pristupni putevi, garaže, pešačke staze...). Postojanje ovih pravilnika olakšalo bi i unapredilo proces planiranja i projektovanja gradske ulične mreže i stvorilo uslove za razvoj kvalitetnijeg i bezbednijeg saobraćajnog sistema.

Literatura

[1.] Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS" br. 72/09, 81/09-ispravka, 64/10-odluka US, 24/11,121/12, 42/13-odluka US, 50/13-odluka US i 98/13-odluka US)
[2.] Zakon o bezbednosti saobraćaja ("Sl. glasnik RS", br. 41/09, 53/10, 101/11 i 32/13 – Odluka US)
[3.] Zakon o javnim putevima ("Sl. glasnik RS" br. 101/2005, 123/2007, 104/2013)
[4.] www.beoland.com
[5.] www.urbel.com
[6.] www.autodesk.com
[7.] www.cetinje-mojgrad.org

ПРВИ СРПСКИ КОНГРЕС О ПУТЕВИМА

SISTEM VOZAČ - VOZILO - OKOLINA I SAVREMENO PROJEKTOVANJE PUTEVA

Sanja Fric[1],
Asistent, dipl. građ. inž., Građevinski fakultet Univerziteta u Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, smilicevic@grf.bg.ac.rs

Vladan Ilić,
Asistent, master inž. građ., Građevinski fakultet Univerziteta u Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, vilic@grf.bg.ac.rs

Filip Trpčevski,
Asistent, master inž. građ., Građevinski fakultet Univerziteta u Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, ftrpcevski@grf.bg.ac.rs

Rezime: *Velike materijalne štete i veliki broj ljudskih žrtava, učinili su da bezbednost saobraćaja postane jedan od najaktuelnijih problema društva u kojem živimo. Od svih činilaca koji mogu uticati i koji, u krajnjoj liniji, utiču na bezbednost u celini, izdvajaju se tri činioca: vozač, vozilo i okolina. Dejstvo ova tri činioca (V-V-O) je uzajamno povezano, tako da vozač, vozilo i okolina čine kibernetički sistem u kojem svaki činilac ima svoju jasno definisanu ulogu. Većina informacija koja dopire do vozača iz sistema V-V-O stiže prvo vizuelnim putem, pri čemu najveći uticaj na vozačevo ponašanje pri upravljanju vozilom ima upravo put. Kao jedan od glavnih problema u savremenom projektovanju puteva izdvaja se zahtev kako projektovati put koji će u potpunosti biti podređen načinu vožnje na tom putu. U ovom radu će se razmatrati moguće izmene u procesu projektovanja koje bi obezbedile projektovanje puteva po meri vozača.*

Ključne reči: *bezbednost, vozač, vozilo, okolina, put, projektovanje*

THE DRIVER - VEHICLE - ENVIRONMENT SYSTEM AND MODERN ROAD DESIGN

Summary: *Considerable material damage and large number of casualties have made the road safety to become one of the most current problems of our society. From all the factors that can influence and that, in the end, affect the road safety in general, three factors stand out: driver, vehicle and environment. The effect of these three factors (D-V-E) is related to each other, so that the driver, the vehicle and the environment form cybernetic system in which each factor has a clearly defined role. Majority of information of the D-V-E system are firstly visually reached by drivers, wherein the driver's behaviour during vehicle driving is the most affected just by road. As one of the major problems in the modern road designs stands a request to design the future road which will be fully subordinated to the driving style, meaning how to design a road in accordance with the driver. This paper will present the possible changes in road design process that could provide the road design according with the driver.*

Key words: *safety, driver, vehicle, environment, road, design*

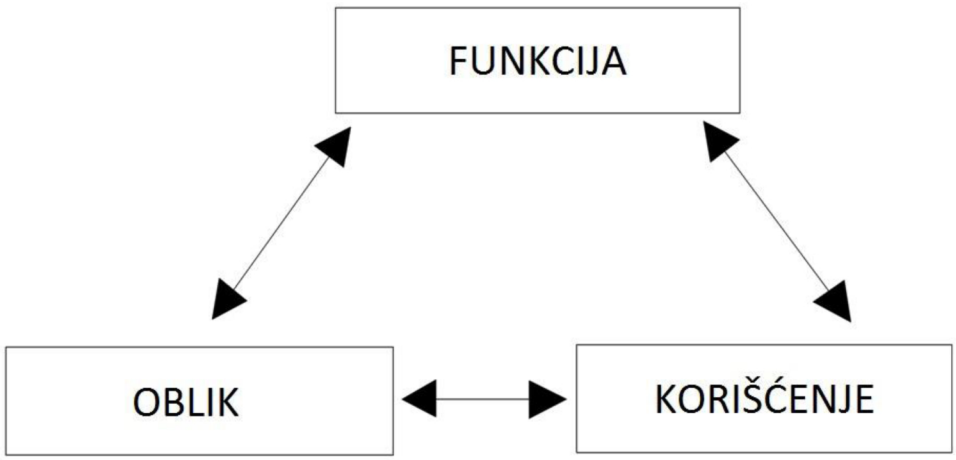
[1] Sanja Fric: smilicevic@grf.bg.ac.rs

1. UVOD

Velike materijalne štete i pre svega, veliki broj ljudskih žrtava, učinile su da bezbednost putnog saobraćaja postane jedan od najaktuelnijih problema društva u kojem živimo. Da bi se ostvario kontinuirani opadajući trend nezgoda sa fatalnim ishodom i povredama, neophodno je preduzeti sveobuhvatniji pristup, zasnovan na interakciji između vozača, vozila i okoline. Suština tzv. održivog pristupa bezbednosti ogleda se u maksimi da je bolje sprečiti nego lečiti.

Svaka kategorija puteva zahteva projekno rešenje saglasno sa svojom funkcijom, koje u isto vreme mora obezbediti optimalnu bezbednost. Da bi se ovaj zahtev ispunio, moraju se poštovati sledeća 3 principa (**Slika 1**):

- Funkcija: sprečavanje neadekvatne upotrebe infrastrukture. Saobraćaj bi trebalo da se na putnoj mreži odvija u skladu sa predviđenom namenom;
- Oblik: odnosi se na projekat i karakteristike putne infrastrukture;
- Korišćenje: podrazumeva realnu upotrebu putne infrastrukture i ponašanje učesnika u saobraćaju. Podrazumeva postojanje regulativnih zahteva u pogledu korišćenja putne mreže.



Slika 1. *Funkcija – oblik - korišćenje*

Automobil je u značajnoj meri promenio čovekov život, omogućio mu slobodu kretanja i vremenom postao simbol ličnog prestiža svakog pojedinca. Kvalitet života čoveka u savremenom društvu itekako zavisi od automobila. Pored svojih prednosti, automobil donosi i niz negativnih posledica, od kojih su najznačajnije: zagađenje životne sredine, zauzimanje dragocenog prostora na duži vremenski period i ono što je posebno važno, saobraćajne nezgode [1].

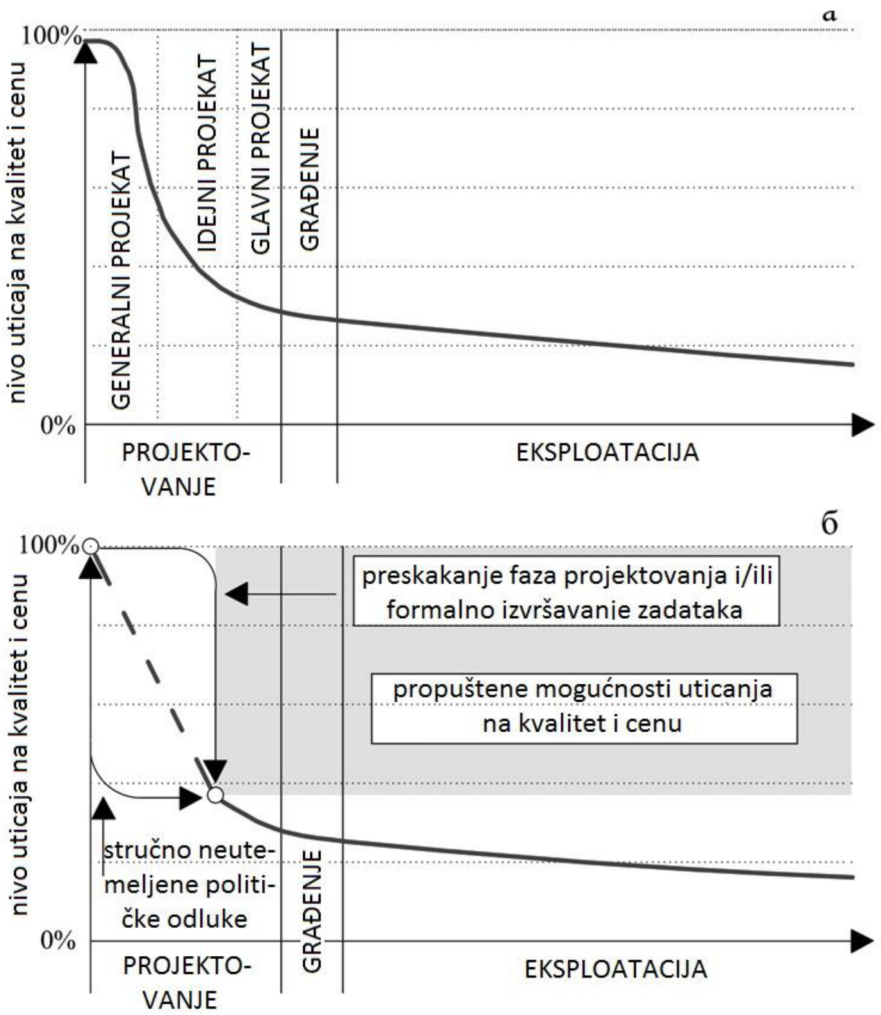
U Srbiji je 2007. godine, kao jedne od najporaznijih po pitanju bezbednosti saobraćaja, registrovano ukupno 70789 saobraćajnih nezgoda, od kojih 968 sa fatalnim ishodom. Donošenjem novog zakona o bezbednosti saobraćaja, taj broj je smanjen, pa je 2010. godine iznosio 47757, sa ukupno 660 nastradalih lica.

Ove statističke podatke treba posmatrati kao relativne a ne apsolutne pokazatelje, naročito kada se uzme u obzir smanjena mobilnost građana. Umanjen broj nastradalih lica može biti i posledica smanjene upotrebe automobila, a ne isključivo primene novog Zakona o bezbednosti saobraćaja. Prolaskom vremena od donošenja novog Zakona statistika se nažalost pogoršava. Ukupan broj saobraćajnih nezgoda se smanjuje, ali se broj nastradalih lica povećava. Tako je u 2012. godini zabeleženo 37559 saobraćajnih nezgoda, sa čak 684 nastradala lica [2].

2. NIVO KVALITETA PUTA I FAZE U PROJEKTOVANJU

Osnovno pitanje je: Kako uključiti zahteve bezbednosti u proces planiranja i projektovanja puteva tako da se uticaj puta, kao trenutno značajnog uzročnika saobraćajnih nezgoda, smanji, što bi dovelo do smanjenja broja saobraćajnih nezgoda i poboljšanja bezbednosti saobraćaja u celini? Poboljšanje putne geometrije ili stanja kolovozne konstrukcije ima i veliki uticaj na smanjenje težine saobraćajne nezgode.

Sa pravom se može reći da planiranje i projektovanje puteva predstavlja proces kojim se mora obezbediti visok nivo kvaliteta (stepen bezbednosti i maksimalna protočnost) uz minimum investicionih ulaganja, minimum eksploatacionih troškova i minimum ekoloških posledica. Mogućnosti uticaja na nivo kvaliteta puta razlikuju se za različite faze projekta (**Slika 2**). Najveće mogućnosti uticaja su u početnim fazama projektovanja, kao što su to generalni i naročito idejni projekat [1].



Slika 2. *Nivo uticaja na kvalitet i cenu kroz različite faze projekta [1]*

Ispravan metodološki pristup procesu planiranja i projektovanja puteva u najranijim fazama projektovanja, omogućava efikasno i kontinualno uticanje na nivo kvaliteta projekta i ukupne troškove građenja i eksploatacije puta. Jedna od najvećih i najčešćih mana u planiranju i projektovanju jeste preskakanje pojedinih faza projektovanja (npr. generalnog projekta) i sprovođenje stručno neutemeljenih odluka. To za direktnu posledicu ima smanjivanje mogućnosti uticaja na kvalitet i cenu onog trenutka kada se uđe u period gradnje, odnosno eksploatacije puta (**Slika 2**).

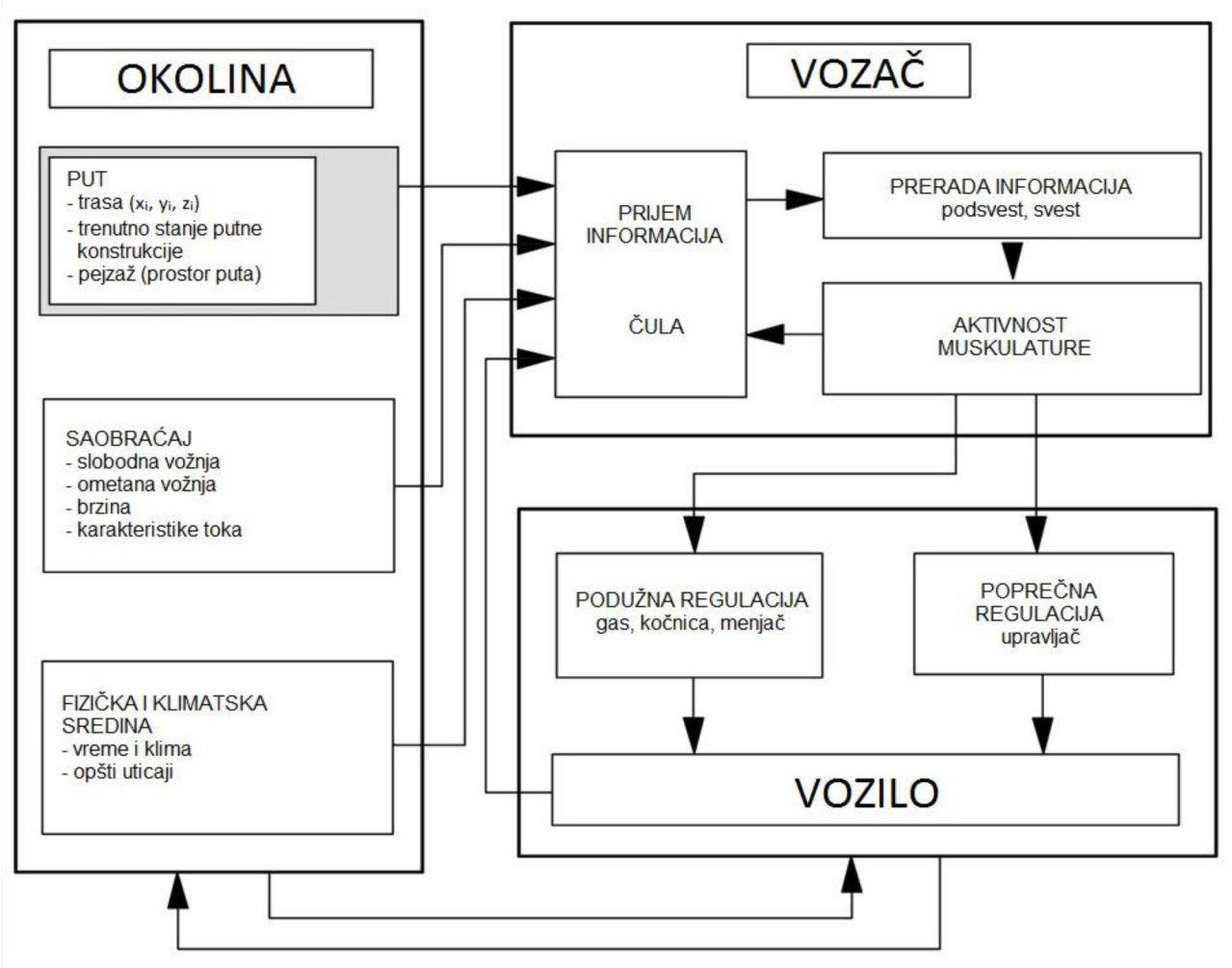
Dosadašnja projektantska iskustva u našoj putogradnji ukazuju da je jedna od najvećih i najčešćih mana u procesu projektovanja prebrz i nedokumentovan proces projektovanja, često sveden na građenje kao ključni korak u projektovanju. Stoga je definisanje jedinstvene metodologije projektovanja puteva veoma aktuelan zadatak od čije se primene mogu očekivati pozitivni efekti za društvo u celini.

3. SISTEM VOZAČ - VOZILO - OKOLINA

Dosadašnja istraživanja su potvrdila da najvažnije informacije iz neposredne okoline vozaču pruža upravo put. Osnovno pitanje koje se nameće je, u kojoj meri je upravo put uzročnik saobraćajne nezgode. U savremenom projektovanju puteva, jedan od najvažnijih problema predstavlja zadatak razvoja odgovarajućeg modela kretanja koji će dovoljno uverljivo opisati realne uslove vožnje i istovremeno biti dovoljno jednostavan za efikasnu primenu u procesu projektovanja.

U ovu svrhu razvijen je kibernetički model vozač - vozilo - okolina koji pomaže da se u teorijskom smislu realnije prikažu različite situacije u vožnji. Od svih činilaca koji mogu uticati i koji, u krajnjoj liniji, i utiču na bezbednost i efikasnost putnog saobraćaja u celini, izdvajaju se upravo ta tri činioca.

Definisanje vozača, sa svim propratnim kognitivnim i fizičkim ograničenjima, kao referentnog standarda održive bezbednosti, opisano je u integrisanoj verziji elemenata vozača, vozila i okoline. U okvirima održivog bezbednog putnog saobraćaja, celokupni saobraćajni sistem prilagođava se ograničenjima i sposobnostima svih učesnika u njemu [1]. Dejstvo ova tri činioca (V-V-O) uzajamno je povezano, tako da vozač, vozilo i okolina, ustvari, čine kibernetički sistem u kojem svaki činilac ima svoju jasno definisanu ulogu: vozač vrši funkciju upravljanja, vozilo je objekat upravljanja, a okolina predstavlja izvor informacija za definisanje opšteg stanja sistema (**Slika 3**).

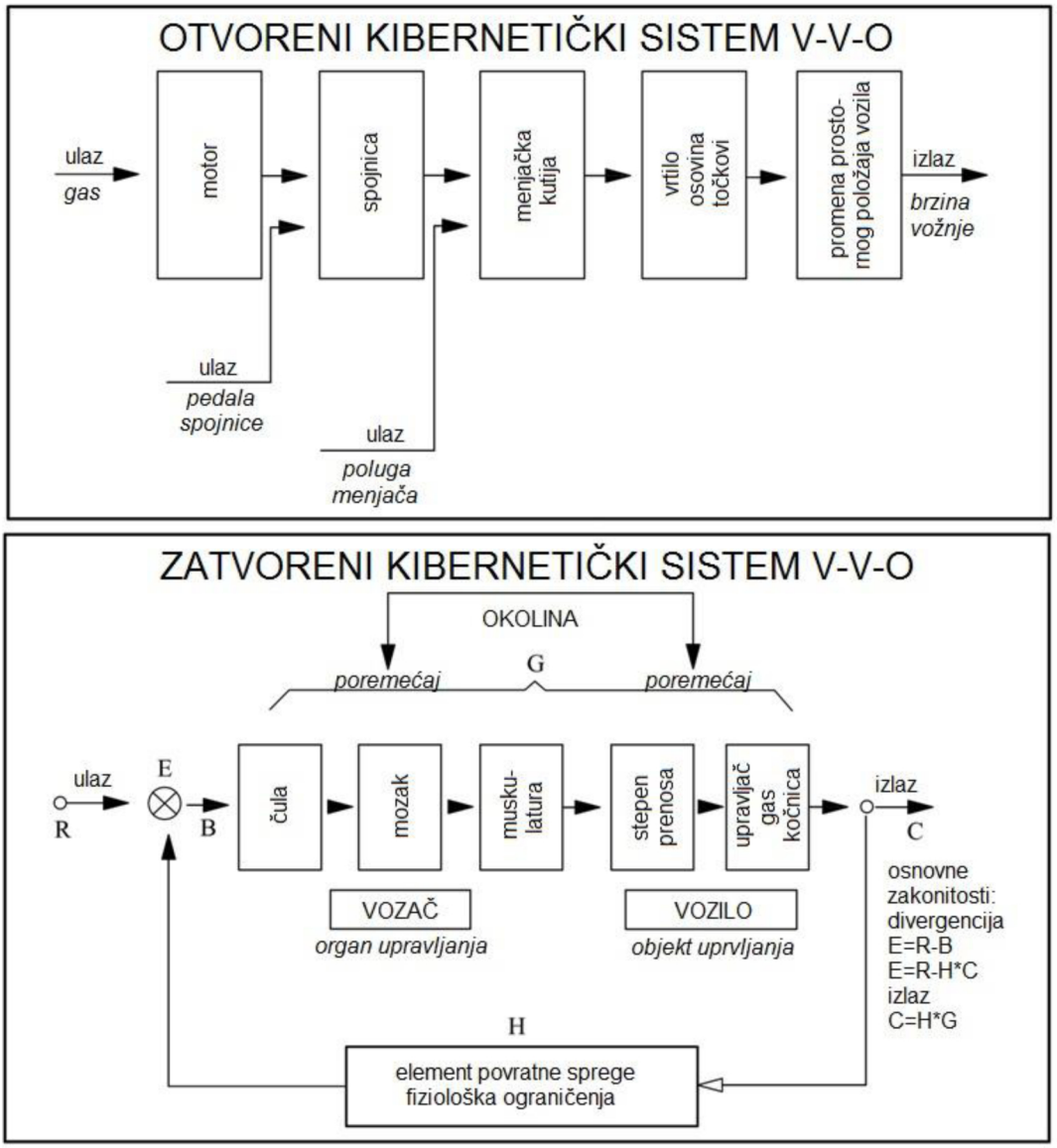


Slika 3. *Kibernetički sistem vozač – vozilo - okolina*

U okolini se kao jedan od najvažnijih nosilaca informacija koje utiču na vozačevo upravljanje vozilom izdvaja upravo put (**Slika 3**). Samim tim, sledi da savremeno projektovanje puteva ne postoji bez istovremenog uvažavanja zakonitosti ponašanja vozača, karakteristika samog vozila kao i stanja puta.

Upravljanje sistemom V-V-O (vozač-vozilo-okolina) vrši se preko povratne sprege vozač-vozilo na sledeći način: prilikom vožnje, vozač zahvaljujući svojim čulima (pre svega čulu vida) prima niz informacija iz okoline, obrađuje ih i nakon toga donosi odgovarajuću odluku o akciji koju bi trebalo da sprovede. Kao rezultat te akcije, a sve u skladu sa mogućnostima vozila u datom trenutku, dolazi do promene stanja kretanja koju vozač preko negativne povratne sprege svojim čulima doživljava i kontroliše. Suština je da vozač povratnom spregom dobija informacije o posledicama akcije koju je prethodno preduzeo. Za ovaj sistem je karakteristično to da na akcije vozača ne utiče samo jedan element iz okoline koja ga okružuje, već niz elemenata iz tog skupa. Pored toga, u samom sistemu pored prostorne komponente istovremeno se menja i vremenska komponenta, pa se zbog svega napred navedenog ovakav sistem naziva zatvoreni kibernetički sistem [2] (**Slika 4**).

Prilikom pojedinih vozno - dinamičkih analiza trase, usvaja se određena idealizacija sistema, pri kojoj se pretpostavlja prisustvo idealnog vozača i donekle ograničen uticaj okoline. Takav sistem predstavlja otvoreni kibernetički sistem (**Slika 4**). Otvorenim kibernetičkim sistemom smatra se onaj koji vrši razmenu materije, energije ili raznih informacija sa okolinom, pri čemu one mogu imati uticaj na posmatrane karakteristike sistema. Pri analizi ovakvog sistema vrši se idealizacija uticaja okoline ili organa upravljanja, ili se oni smatraju nepromenljivim. Zbog toga se delovanje vrši samo u jednom smeru, od ulaza ka izlazu, jer se upravljačka funkcija kontinuirano vrši bez primanja informacija o promeni stanja veličina kojima se upravlja (**Slika 4**). Kao primer za primenu ovakvog sistema može se izdvojiti analiza maksimalnih brzina teretnih vozila na usponu, gde ta brzina zavisi isključivo od karakteristika vozila i vrednosti maksimalnog uspona, pa tako ne postoji povratni signal na vozača. Ovaj sistem je karakterističan i za tzv. „železničarsko projektovanje“, za razliku od putnog projektovanja „po meri čoveka“ [3].



Slika 4. *Otvoreni i zatvoreni kibernetički sistem V - V - O [1]*

„Železničarsko projektovanje“ podrazumeva upravljanje vozilom unapred definisanim uslovima i brzinom kretanja, gde vozač vrši upravljačku funkciju bez primanja informacija iz okoline, već isključivo u skladu sa karakteristikama vozila kojim upravlja. „Projektovanje po meri čoveka“ podrazumeva da vozač prima niz informacija iz okoline, prerađuje ih i donosi odluku o dejstvu na mehanizme upravljanja vozilom, što rezultira promenom stanja kretanja.

Realno stanje sistema vozač - vozilo - okolina moguće je istraživati samo kao zatvoren kibernetički sistem u kojem postoji povratna sprega i razmena informacija između vrednosti veličina kojima se upravlja i organa

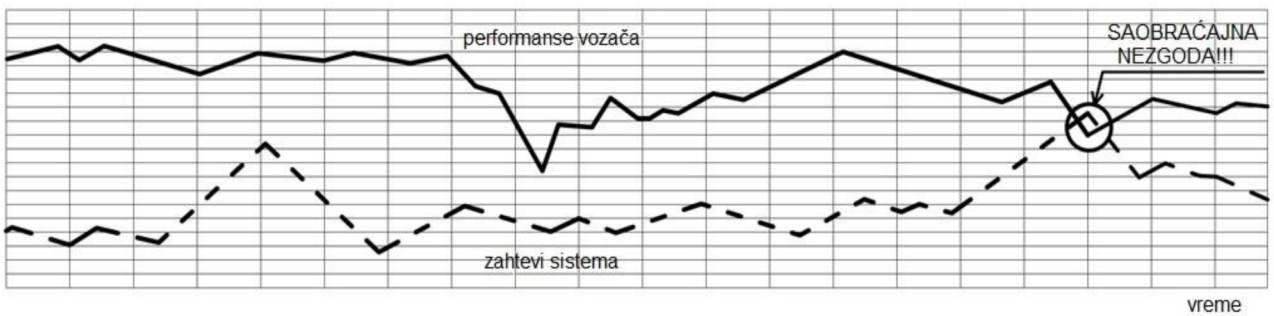
koji njima upravlja (**Slika 4**). Smatra se da je upravo informacija suština razmene sistema sa okolinom, a da se stanje sistema može odrediti u svakom vremenskom trenutku, kako konačnom, tako i beskonačnom. Promena stanja sistema uglavnom zavisi od ulaza, pri čemu razlikujemo ulaze koje možemo i ulaze koje ne možemo kontrolisati (u prvu grupu spadaju npr. vučna i kočiona sila, a u drugu vetar, vlažnost vazduha i sl.).

Uloga vozača je da realizuje kretanje ka željenom cilju i da istovremeno upravlja sistemom i održava položaj vozila u vremenu i prostoru. Iz ovoga je jasno da vozač ima ključnu, upravljačku ulogu u sistemu V-V-O. On mora biti u stanju da primi informacije iz okoline, da ih obradi, donese odgovarajuću odluku i reaguje u skladu sa tom odlukom. Proces upravljanja vrši se negativnom povratnom spregom koja umanjuje uticaj ulaza na izlaznu veličinu, odnosno pomaže uspostavljanju ravnoteže sistema ako je ona narušena promenama u okolini. Upravljanje se sprovodi transferom informacija i izvršenjem neophodnih akcija korišćenjem električne, hidrauličke ili mišićne snage samog vozača. Treba imati u vidu da se ove sposobnosti vozača menjaju i da na njih utiču i godine starosti, stečeno iskustvo, način razmišljanja i sl. [4][5][6].

U sistemu V-V-O vozilo predstavlja objekat kojim se upravlja i koje, kao posledica tog upravljanja, može zauzeti različite položaje u vremenu i prostoru. Kod analize ovog sistema smatra se da je vozilo konstantna veličina. U analizama primenjenih elemenata plana i profila, sa stanovišta bezbednosti vožnje, definiše se „merodavno putničko vozilo“, pa se na osnovu njegovih konstruktivnih i dinamičkih karakteristika vrše sve potrebne analize trasa.

Najznačajnije informacije o stanju sistema vozač dobija iz prostora koji ga okružuje, odnosno iz putnog prostora. Jasnim definisanjem granica tog prostora stvaraju se vizuelne determinante prostornog koridora puta koje bitno utiču na vozačevo sagledavanje osnovnih prostornih odnosa duž trase puta.

Uticaj okoline manifestuje se poremećenim dejstvima (neusaglašeni elementi geometrije puta, loše stanje kolovozne konstrukcije, vremenske nepogode, zastoj i sl.) i različito se definiše u zavisnosti od toga šta je predmet istraživanja. Pojam okoline može obuhvatati niz različitih faktora koji utiču na bezbednost vožnje pa sve do konkretizacije na samo određeni uticajni faktor, kao što je vrednost radijusa horizontalnih kružnih krivina. Sa stanovišta građevinskog inženjera, put predstavlja činilac okoline koji najznačajnije utiče na bezbedno saobraćaja [1]. Može se zaključiti da se, kada performanse vozača dođu u direktan konflikt sa zahtevima sistema, stvaraju svi preduslovi za događanje saobraćajne nezgode (**Slika 5**).



Slika 5. *Preduslovi za događanje saobraćajne nezgode*

Da bi se ovaj sistem na najbolji način razumeo i pravilno ispitivao, neophodno je idealizovati određene elemente sistema u zavisnosti od toga šta je predmet ispitivanja. Na primer, ako se želi izvršiti analiza koeficijenata trenja, uslovi okoline definišu se kao mokar, ravan i čist kolovoz. Zatim, ako se želi analizirati potrošnja goriva, unapred se definiše ponašanje vozača kao idealno, i uzima se u obzir samo uticaj okoline (usponi, padovi). Kada se idealizuje faktor uticaja okoline (pre svega puta), uvek se razdvajaju informacije koje se dobijaju kretanjem usamljenog vozila po putu od onih koje se dobijaju analizom saobraćajnog toka. Pomoću prvih informacija definišu se granični elementi plana i profila sa aspekta bezbednosti vožnje, dok se pomoću drugih definiše nivo usluge i propusna moć putnog pravca [1].

3.1. Uticaj okoline u sistemu V-V-O

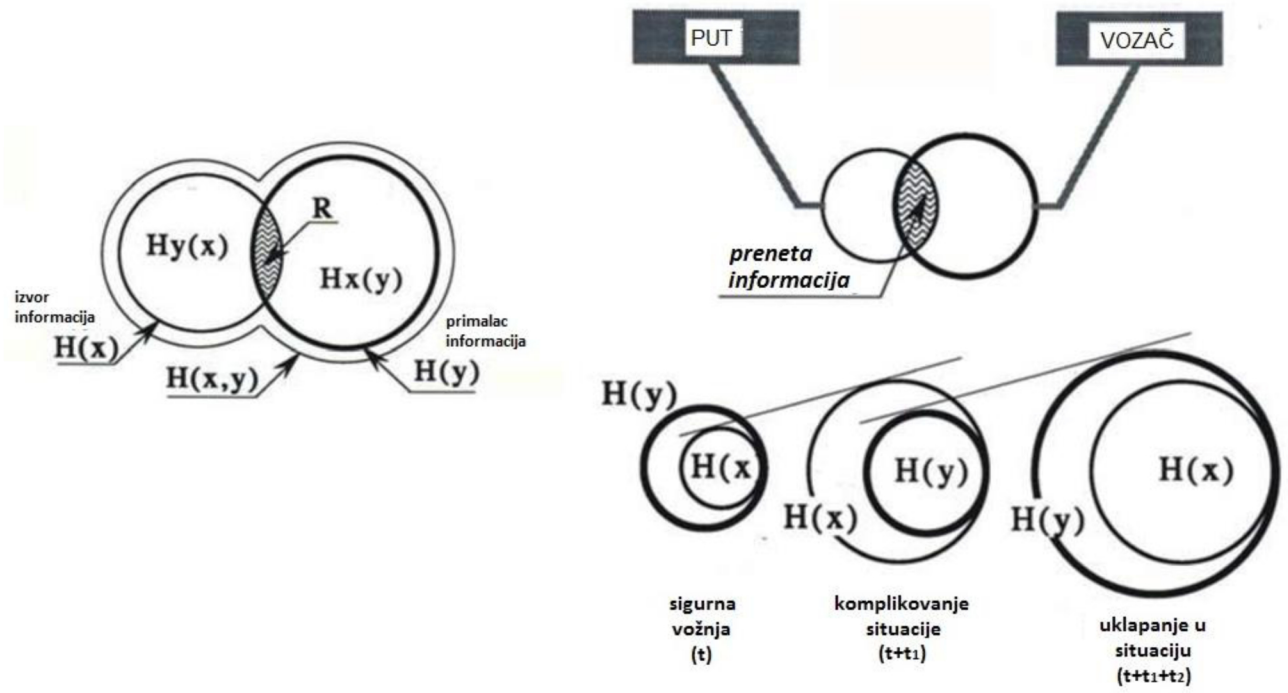
Okolina se, u zavisnosti od toga šta se istražuje, može različito definisati. Za potrebe analize sistema vozač - vozilo - okolina, okolina se posmatra kroz tri ključna parametra: put, saobraćajni tok i fizička i klimatska sredina.

Ključno pitanje pri analizi puta kao uticajnog faktora je usko povezano sa merodavnim brzinama u projektovanju. Svi elementi poprečnog, podužnog profila i situacionog plana puta, dimenzionišu se u funkciji V_r/V_p, odnosno u f-ji računske i projektne brzine.

Akcenat u analizi saobraćajnog toka, prvenstveno je na analizi dva različita stanja: vožnja u uslovima slobodnog saobraćajnog toka i vožnja na datom nivou usluge. Vožnja u uslovima slobodnog saobraćajnog toka smatra se merodavnom za dimenzionisanje svih projektnih elemenata koji su odgovorni za bezbednost i udobnost vožnje. Vožnja na datom nivou usluge uzima se merodavnom za proveru eksploatacionih efekata, pre svega kroz definisanje zakonitosti brzina vožnje / gustina toka / protok.

Uticaji fizičke i klimatske sredine koji su od značaja za analizu sistema V-V-O su: osvetljenost (preglednost), vreme i klima (odnosno, različita stanja kolovoza) i uticaj topografskih karakteristika terena (izgrađenost, pojedini elementi saobraćajne signalizacije, reklame i sl.) [7]. Jedan od najvažnijih uticaja na vozača, kada donosi odluku o načinu vožnje i promeni stanja kretanja u slobodnom saobraćajnom toku, ima primenjena putna geometrija, odnosno elementi situacionog plana.

U uslovima slobodnog saobraćajnog toka, na ponašanje vozača gotovo isključivo utiču informacije o putu i putnom prostoru. Opisivanje prijema i prerade informacija mogu se prikazati pomoću Venovih dijagrama:



Slika 6. *Karakteristični slučajevi u vožnji prikazani Venovim dijagramima [7]*

U dijagramima (**Slika 6**) simbolično su predstavljene sledeće veličine:

H(x) - količina informacija koja se prenosi od izvora (putničkog vozila)
H(y) - količina informacija koju može primiti primaoc (vozač)
H(x,y) - celokupna entropija
Hx(y) - evivokacija
Hy(x) - šum (deo entropije izlaza izgubljen tokom prenosa)
R - preneta informacija [7]

Sigurna vožnja (**Slika 6**) podrazumeva da je količina informacija koja se prenosi od vozila u potpunosti obuhvaćena količinom informacija koju može primiti vozač, što predstavlja idealan slučaj u vožnji. Kada se situacija komplikuje (usled različitih uslova odvijanja saobraćaja, stanja fizičke i klimatske sredine, uslova puta) količina informacija koju može primiti vozač je manja od količine informacija koja se emituje od izvora. Moguće je uklapanje u novonastalu saobraćajnu situaciju ukoliko se u dovoljno kratkom vremenskom

intervalu ($t+t_1+t_2$) poveća nivo budnosti vozača, kada će se on, uz dodatni napor, uspešno uklopiti u nove saobraćajne okolnosti [7].

Može se zaključiti da se kao glavni problem u savremenom projektovanju puteva izdvaja problem kako projektovati put koji će u potpunosti odgovarati načinu kojim će se tim putem voziti [1], odnosno kako projektovati put po meri vozača. Da bi se obezbedio pravilan pristup datom problemu, izuzetno su značajni zaključci o tome kako vozač doživljava put i kako prilagođava svoje ponašanje u zavisnosti od različitih saobraćajnih situacija. Od činioca koji mogu uticati na vozača prilikom vožnje, na prvom mestu se izdvajaju psiho-fizički činioci.

3.2. Psihofizički činioci

Sa gledišta bezbednosti vožnje posebno se mogu izdvojiti tri psiho-fizička faktora: vidno polje vozača, reakcija vozača pri pojavi iznenadne smetnje i granične vrednosti fizioloških nadražaja [1][6][7]. Sva tri faktora takođe su uslovljena i starosnom dobi vozača.

Tokom vožnje, vozač prima informacije iz okoline pomoću svojih čula, od kojih je posebno značajno čulo vida kojim prima više od 95% svih informacija. Od posebne važnosti je sposobnost vizuelne percepcije vozača koja bi omogućila da se uz minimum emocionalnih naprezanja ostvari optimalan transfer informacija u sistemu V-V-O. Ključnu ulogu u ovome ima vidno polje vozača [1].

Pod pojmom vidnog polja podrazumeva se prostor koji se može sagledati jednim usmerenim pogledom. Vidno polje ima granice definisane širinom i dubinom, koje se određuju u skladu sa mogućnostima ljudskog oka i menjaju sa promenom položaja vozila. Za potrebe savremenog projektovanja puteva, u uslovima slobodnog saobraćajnog toka, definisano je minimalno vidno polje koje mora biti obezbeđeno, kao i optimalno vidno polje za koje je preporučljivo da bude ostvareno. Sa gledišta bezbednosti vožnje, postoje dva područja vidljivosti: periferno i izoštreno, između kojih se nalazi prelazna zona relativne oštrine koja nema značajniji uticaj na ponašanje vozača [1].

U zoni periferne vidljivosti vozač uzgred opaža događaje i predmete, odnosno prvenstveno uočava veće predmete i objekte u široj zoni puta, kao što su drveća, zgrade i sl. U skladu sa onim što vidi, on po svojoj proceni reguliše brzinu kojom vozi.

U polju izoštrene vidljivosti, vizura vozača je usmerena na određenu daljinu u pravcu kretanja. Vozač, u skladu sa svojim sposobnostima, može razaznati samo uzani deo površine kolovoza koji se nalazi na poziciji žižne daljine njegovog oka. Ova dubina akomodacije je jedan od značajnih faktora koji mogu uticati na bezbednost vožnje.

Kada je u pitanju najveća dubina vidnog polja, dosadašnja istraživanja pokazala su da vozač može da identifikuje predmet koji je u pokretu (drugo vozilo) na daljini od maksimalno 1.5-2.0 km. Ovo rastojanje predstavlja krajnju granicu dubine polja vidljivosti.

Kako se menja dubina vidnog polja, tako se menja i njegova širina, odnosno kako raste brzina kretanja, tako se sužava širina vidnog polja kao direktna posledica povećanja dubine akomodacije oka. Pri većim brzinama, vizure vozača se najvećim delom koncentrišu na površinu kolovoza i to na dužini tzv. izoštrene vizure preglednosti - L_a [m]:

$$L_a = t_a \cdot v \quad [m] \tag{1}$$

gde je:

t_a - vremensko rastojanje vozila od tačke na koju je vozač podesio žižnu daljinu oka pri slobodnoj vožnji (12-14 sec)

v - brzina vožnje u slobodnom toku [7]

Dužina izoštrene vizure preglednosti skoro dvostruko premašuje dužinu zaustavnog puta pri forsiranom kočenju. To ukazuje na činjenicu da vozač usklađuje aktivnosti svojih čula sa informacijama koje prima iz odnosa vozilo - put, odnosno on podešava vizuru svoje preglednosti na način da u vremenskom intervalu t_a ima vremena i za donošenje odluke i za njeno bezbedno sprovođenje.

Svojim značajem u projektovanju puteva, izdvaja se i dužina slobodne preglednosti - P_s:

$$P_s = 20(25) \cdot v \quad [m] \tag{2}$$

$$P_s = 6(7) \cdot V \quad [m] \tag{3}$$

где је:

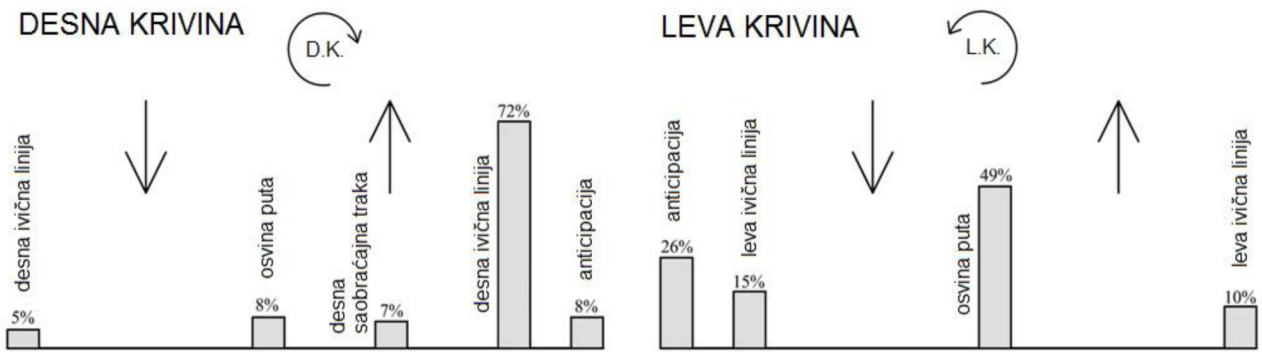
v - брзина вожње у слободном току [m/s]

V - брзина вожње у слободном току [km/h] [7]

Ova daljinska preglednost ima značajnu ulogu u psihološkoj pripremi vozača za savladavanje komplikovanih saobraćajnih situacija, naročito kada je u pitanju pejzažno oblikovanje putnog pojasa. Iz ovog razloga se za značajne poteze putne mreže moraju angažovati različiti profili stručnjaka koji se bave pejzažnim uređenjem.

Najpravilnije je dejstvo psiho-fizičkih činilaca shvatiti na sledeći način. Tokom vožnje, vozač svoje reakcije prilagođava onim sadržajima u svom vidnom polju za koje on u tom trenutku procenjuje da su od najvećeg uticaja na bezbedno kretanje. Ako se vozač kreće u slobodnom saobraćajnom toku, najveća pažnja je koncentrisana na informacije o putu (kolovoz, ivične linije, elementi situacionog plana...), dok se prilikom vožnje u koloni, pažnja koncentriše isključivo na vozilo ispred (vozač gotovo da ne prima nijednu informaciju o putu i njegovim elementima).

Usmerenost vizura preglednosti ima značajnu ulogu u načinu upravljanja vozilom. Istraživanja su pokazala da je 75% svih vizura vozača usmereno na desnu ivicu kolovoza ili na liniju koja obeležava osovinu kolovoza. Prilikom vožnje desnom krivinom, više od 70% svih vizura je usmereno ka desnoj ivičnoj liniji kolovoza, dok je u vožnji levom krivinom oko 50% svih vizura usmereno na osovinu kolovoza (**Slika 7**) [7]. Zbog toga je važno da se u procesu projektovanja puteva posebna pažnja posveti oblikovanju i obeležavanju vodećih linija puta [1].



Slika 7. *Raspodela vremena fiksacije pri vožnji u slobodnom saobraćajnom toku u desnoj i levoj krivini*

Reagovanje vozača na novonastale situacije u saobraćaju može se posmatrati kroz niz faza [6]:

- Percepcija - uz pomoć čula vida uočava se novonastala situacija;
- Identifikacija - izdvajanje kritičnog faktora u toj situaciji (npr. pešak na kolovozu, zaustavljeno vozilo) i shvatanje stepena opasnosti;
- Procena - na osnovu prethodno shvaćenih relacija, donosi se odluka šta učiniti (zakočiti, skrenuti, koristiti sirenu, ubrzati i sl.);
- Sprovođenje - realizacija akcije za koju se odlučilo u prethodnom koraku.

Za svaku od navedenih faza potrebno je određeno vreme u kome se vozilo kreće na isti način na koji se kretalo i pre nastale situacije.

Procena vozača najviše zavisi od njegovih psiho-fizičkih karakteristika (starost, zdravstveno stanje, umor), ali i od njegovog iskustva i obučenosti. Usled ovih razlika, dolazi i do različitih reakcija vozača, iako to u dobroj meri zavisi i od složenosti novonastale saobraćajne situacije.

Zbog ovih činjenica, eksperimentalno (terensko) ispitivanje vremena reakcije vozača pokazuje velika rasipanja rezultata, ali se testiranjem „iznutra“ (u laboratorijskim uslovima, kada je zadatak unapred poznat, bez identifikacije i procene) dolazi do vremena reakcije koje iznosi 0.4 do 0.8 sekundi u proseku. Zbog navedenih laboratorijskih uslova, određivanju realno potrebnog vremena, mora se prići sa rezervom, jer ono, u kompleksnijim saobraćajnim situacijama, može iznositi i do čak 4.0 sekunde. Takođe, vreme reakcije može se znatno razlikovati kod pripadnika starije starosne dobi, kako zbog njihovih godina, tako i zbog promena u saobraćajnim propisima, koje su njima nepoznate, a koje su vremenom nastale.

Zbog toga se kao merodavno vreme reakcije vozača uzima vreme imereno u 85% slučajeva pri uslovima neočekivanog, odnosno nepoznatog zadatka. Po našim propisima, kao merodavno vreme reakcije - t_r, uzima se vreme od 2 sekunde.

Kada su u pitanju fiziološka ograničenja, ljudski organizam ne reaguje na brzinu kretanja već na promenu brzine kretanja i na promenu ubrzanja ili usporenja, odnosno na trzaj. Prilikom vožnje ovaj efekat se oseća kao dodatni potisak usled reakcije inercijalnih sila. Na veličinu i značaj ovog osećaja uticaj imaju karakteristike vozila, antropološke karakteristike putnika i sl.

$$v(t) = \frac{dx}{dt} \quad \text{- brzina [m/sec]} \tag{4}$$

$$u(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{- ubrzanje [m/sec}^2\text{]} \tag{5}$$

$$s(t) = \frac{du}{dt} = \frac{d^2v}{dt^2} = \frac{d^3x}{dt^3} \quad \text{- trzaj [m/sec}^3\text{]} \tag{6}$$

gde je *x(t)* put u *[m]*.

Pri promeni pravca kretanja, u horizontalnim krivinama javlja se normalno ubrzanje na koje je čovek mnogo osetljiviji nego na podužna ubrzanja nastala promenom brzine. Reakcije vozača se, zbog njegove komandne uloge i specifičnog položaja tela prilikom upravljanja vozilom (oslonac na volan), bitno razlikuju od reakcije ostalih putnika u vozilu [6].

Zbog svega napred navedenog, opisani fiziološki nadražaji veoma su bitan deo povratne sprege vozač - vozilo - okolina. Poznavanje njihovih graničnih vrednosti izuzetno je značajno radi pravilnog određivanja projektnih kriterijuma.

4. ZAKLJUČCI I DISKUSIJA

Savremeno projektovanje puteva suštinski predstavlja istraživački proces u kojem je neophodno obezbediti zahtevanu širinu pristupa, sa jedne strane, a sa druge čvrstu hijerarhijsku uređenost. Od izuzetnog je značaja formirati, a potom i dosledno primenjivati metodologiju projektovanja koja je u skladu sa rezultatima savremenih istraživanja.

Kao što je u ovom radu više puta naglašeno, u algoritmu procesa projektovanja izdvaja se jedna faza kao najznačajnija sa stanovišta bezbednosti i udobnosti vožnje, a to je faza idejnog projekta. Sa pravom se može reći da je to faza u kojoj projektant ima najveće mogućnosti uticaja na karakteristike budućeg puta. Posledice delovanja u fazi idejnog projekta značajno utiču na ukupne troškove građenja, eksploatacije i održavanja određenog putnog pravca. U ovoj fazi projektne razrade analiziraju se i razrađuju rešenja za otklanjanjanje svih potencijalnih uzročnika saobraćajnih nezgoda sa stanovišta putne geometrije i drugih elemenata konstrukcije puta.

Najvažnije analize, koje su sastavni deo idejnog projekta, svakako su vozno - dinamičke analize trase. Tim analizama proveravaju se svi ključni parametri odgovorni za bezbednost i udobnost vožnje u uslovima slobodnog saobraćajnog toka. Analiziranjem saobraćajnih nezgoda na našoj putnoj mreži, može se primetiti da do nesreća dolazi i na onim mestima gde su ispunjeni svi kriterijumi definisani vozno - dinamičkim analizama. Zbog toga se problematici rešavanja uzroka nastajanja saobraćajnih nezgoda mora pristupiti multidisciplinarno, ali sa akcentom na posmatranje i ispitivanje stvarnog ponašanja vozača u uslovima slobodnog saobraćajnog toka. Najvažnije je da se elementi projektne geometrije puta oblikuju i dimenzionišu prvenstveno u skladu sa psiho-fizičkim karakteristikama vozača.

U ovom radu, poseban značaj je posvećen informacijama koje vozač prima iz okoline, količini informacija koje tokom vožnje prerađuje i na osnovu kojih kasnije preduzima odgovarajuću akciju. Najvažnije su informacije koje vozač prima pomoću čula vida, pa je za proces projektovanja izuzetno značajna analiza vizuelne percepcije vozača, kako bi se zaključci te analize mogli implementirati u buduće smernice za planiranje i projektovanje puteva.

Obimna istraživanja sistema V-V-O u realnim uslovima vožnje (teorijski i eksperimentalno) mogla bi dovesti do ključnog cilja a to je implementiranje rezultata tih istraživanja u tehničku regulativu za projektovanje novih, odnosno, rekonstrukciju i rehabilitaciju postojećih deonica (posebno u procesu identifikacije crnih tačaka i „opasnih“ mesta). Ovo bi nesporno dovelo do poboljšanja bezbednosti vožnje na putnoj mreži, smanjenja broja saobraćajnih nezgoda, i što je najvažnije, preciznijeg utvrđivanja uzroka događanja saobraćajnih nezgoda kao prvog koraka u procesu identifikacije i kasnije rekonstrukcije opasnih mesta na putnoj mreži. Takođe, ovo bi pružilo i mogućnost za rešavanje uzroka događanja saobraćajnih nezgoda još u fazi njihovog nastajanja, odnosno na nivou projektovanja.

Literatura

[1] Anđus, V.: Projektovanje puteva. Sinteza iskustva, racionalnosti i kreativnosti, pristupno predavanje povodom izbora za redovnog profesora Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na predmetu Projektovanje puteva, Beograd, 1994.

[2] Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2012. godini: http://www.abs.gov.rs/doc/Statisticki%20izvestaj%20o%20stanju%20BS%20u%20RS%20za%202012.pdf, on-line dostupno (29.03.2014.)

[3] Lorenc, H.: Projektovanje i trasiranje puteva i autoputeva, Građevinska knjiga, Beograd, 1980.

[4] Damnjanović, D.: Uticaj elemenata puta na brzinu u slobodnom toku, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Niš, 1981.

[5] Damnjanović, D., Milićević, A., Cvetković, D.: Usklađivanje konstruktivnih elemenata puta prema očekivanoj brzini u slobodnom toku, monografija, Građevinsko - arhitektonski fakultet, Niš, 2002.

[6] Katanić, J., Anđus, V., Maletin, M.: Projektovanje puteva, Građevinska knjiga, Beograd, 1983.

[7] Anđus, V.: Opšta analiza sistema vozač - vozilo - okolina, Ceste i mostovi, 1984., str. 125-133.

GEOTEHNIČKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA AUTOPUTA BEOGRAD-JUŽNI JADRAN (E-763), OD OSTRUŽNICE DO OBRENOVCA, DESNOM OBALOM SAVE

Branko Jelisavac[1], Vladeta Vujanić[2], Petar Mitrović[3]
[1-3] Institut za puteve AD Beograd, instput@highway.rs

Rezime: *Na izlazu iz Beograda, od Ostružnice do Obrenovca, Generalnim i Idejnim projektom (Institut za puteve 1998 - 2008 god.), autoput Beograd – Južni Jadran (E-763), nožice klizišta Umka – Duboko, dužine 3 km. Nakon vrlo detaljnih geološko-geotehničkih i drugih istraživanja i je lociran desnom obalom reke Save, u temenu rečnog meandra, monitoringa, utvrđena su svojstva klizišta i vodotoka a na osnovu čega su nađena sanaciona rešenja koja obezbeđuju u zoni stabilnost autoputa i okolnog ugroženog terena, na kome su infrastrukturni, stambeni i drugi objekti.*

Ključne reči: *autoput, klizište, istraživanja, monitoring, reka, sanacija.*

1. UVOD

Područje Beograda i njegova šira brežuljkasta okolina poznato je po brojnim pojavama klizišta. Ovo je naročito izraženo duž dolinskih strane Save i Dunava čije su padine izgrađene od miopliocenskih kompleksa "mekših" sedimenata: glina, lapora i peska.

Osnovni uzrok nastanka klizišta prispisuje se složenoj geološkoj građi i morfološkoj evoluciji terena. Međutim, u savremenim uslovima, neposredan povod nastanka novih ili reaktiviranja starih klizišta, sve je češće rezultat čovekove graditeljske i privredne delatnosti.

S ovim problemom u Srbiji prvi su se suočili graditelji pruga. Nakon prvog svetskog rata bila je aktuelna izgradnja železničke pruge Begrad - Užice, na potezu Ostružnica Barič, priobaljem Save, duž klizišta Umka - Duboko. Iako nisu detaljnije istraživana, zahvaljujući pre svega iskustvu prof. M.T. Lukovića, klizišta su tom prilikom izbegnuta izgradnjom dugačkog tunela u stabilnom zaleđu.

Ideje o izgradnji autoputa Beograd - Obrenovac i dalje ka Južnom Jadranu, su analizirane 1979. a potom i 1990. god. U cilju nalaženja optimalnog položaja buduće saobraćajnice tih godina se pristupilo detaljnijim geološko - geotehničkim istraživanjima i osmatranjima klizišta Umka - Duboko. Tada je razmatrano više varijanti: tunelska, dva mosta na Savi, izmeštanje reke, obalom reke i dr. Konačna odluka nije doneta ali u međuvremenu je izgrađen poluautoput do Umke.

Novim Generalnim projektom (2000. g.) je odabran koridor budućeg autoputa koji je smešten duž desne obale Save. Dopunska geotehnička istraživanja i Idejni projekat deonice Umka - Obrenovac, dužine 7,65 km, koji uključuje sanaciju klizišta, dužine oko 3 km, je urađen 2005. g. Složenost rešavanja ovog problema zahtevalo je opsežna interdisciplinarna istraživanja i analize.

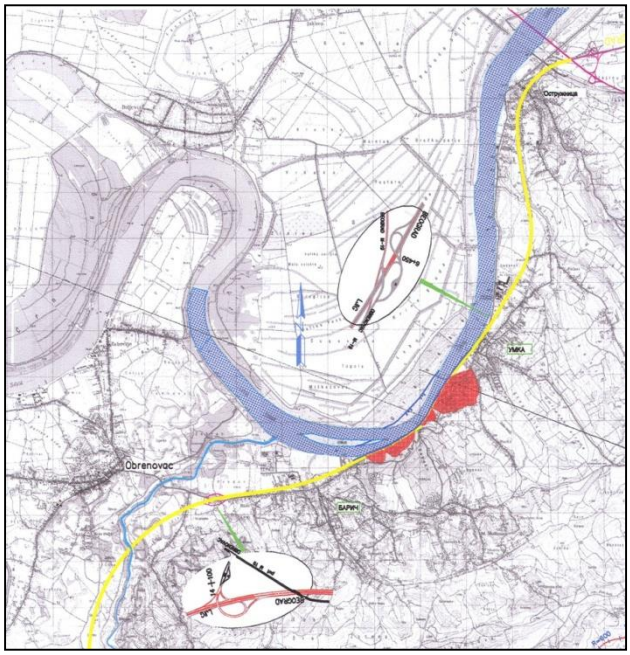
2. ISTRAŽNI RADOVI

Rezultati predhodnih istraživanja, prezentirani duž šest geotehničkih profila terena, sa četiri istražna okna i 10 inklinometara, su bili osnova za usmeravanje dopunskih radova, ali sada duž 15 profila sa 33 inklinometara. Na ovaj način je stvoren kontinuitet u proveri mehanizma klizišta. Istraživanja je radio stručni tim koji se ovim problemom bavi četvrt veka.
U toku 2005. god. su izvedeni sledeći radovi:

- Detaljno geološko kartiranje terena površine oko 3 km^2, na podlogama 1:1000.
- Avionska i terenska geodetska snimanja terena, profila, repera i lokacija radova.
- Ehosondiranje korita Save na potezu dužine 5 km, duž 40 profila.
- Istražno bušenje i kartiranje jezgra 36 bušotina, dubine do 42 m, ukupno 1190 m.
- Ugradnja inklinometara u 33 bušotine, dubine 12-42 m, ukupno 770 mm.
- Statičke penetracije (CPT) na tri lokacije, dubine do 15 m, ukupno 50 m.
- Laboratorijska geomehanička ispitivanja 140 uzoraka tla su obuhvatila: identifikaciju, klasifikaciju, čvrstoću, stišljivost, zbijenost i nosivost.

[1] Branko Jelisavac, jelisavac.branko@gmail.com

- 2005.god. je vršeno osmatranje inklinometara, nivoa Save, podzemne vode u postojećim pijezometrima i bunarima, ukupno 180 mernih mesta. Pregledano je 500 stambenih i vikend objekata i evidentiran stepen oštećenja. Izvršeno je i snimanje geodetskih repera iz 1991. god.
- Analize stabilnosti za utvrđene modele kliženja su vršene duž 15 profila: u prirodnim, saniranim i zemljotresnim uslovima, uz variranje nivoa reke Save i podzemne vode.



Slika 1. *Pregledna karta meandra reke Save sa položajem klizišta i autoputa*

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Morfologija terena i hidrauličko - morfološka svojstva Save

Na istražnom području su zastupljeni zaravni i pobrđa. Široke ravnice obala reke Save i njenih desnih pritoka, su u rasponu kota 70-83. Pobrđa čine padine Rucke i Moštanice (kote 167 -187 m n.v.), generalnog nagiba 9 - 14°, lokalno u zoni velikih otseka do 45°.

Na klizištu Umka, čeoni ožiljci i vododelnica, su udaljeni od reke Save (kote 52-57 m n.v.) do 900 m, sa visinom 135 m a u Dubokom do 300 m, sa visinskom razlikom 115 m. Padine su zatalasane i ispresecane brojnim zabarenim depresijama i uzvišenjima, m-dm dimenzija.

Konfiguracija rečnog korita je složena zbog izraženog meandriranja, račvanja kod Baričke ade i promenljivosti širine toka i nivelete dna. Korito, čiju desnu – konkavnu obalu eroduje reka, je od Umke do Bariča suženo na 200 m a to je 50% od prosečne širine korita na širem sektoru. Sa druge strane, ono je produbljeno i do 23 m, za razliku od prosečne dubine oko 9 m osnovnog korita, uzvodno i nizvodno.

Duž desne obale inundacija nije izražena i na većem delu ne postoji. Pobrđe direktno kontak- tira sa osnovnim koritom. Stabilnost obale i padine je uzročno - posledično povezana sa procesima u koritu Save. Nasuprot tome, leva obala je aluvijalna ravnica, sa kotoma terena oko 73, gde je izgrađen protiv-poplavni nasip (kota 78). Prostor između obale i nasipa, širine 500 m, je pošumljen.

Režim tečenja Save je pod uticajem uspora na ušću u Dunav, njegovog proticaja i režima rada HE „Đerdap“. Nivoi reke, na sektoru Beograd - Obrenovac, su sračunati za tri uslova na ušću: uspora, depresije i najverovatnije koincidencije Save i Dunava. Merodavni nivoi značajni za geostatičke analize, projektovanje sanacija, melioracija i regulacionih radova u koritu su:

- $Z_{1\%}$ = 76.90 mnm - stogodišnja velika voda, $Q_{1\%}$ = 6511 m^3/s
- Z_{svv} = 73,30 mnm - srednja velika voda, Q_{svv} =3000 m^3/s, na
- Z_{sv} = 71,70 mnm - srednja voda, Q_{sv} =1570 m^3/s i
- Z_{mv} = 69,90 mnm - mala voda Save, Q_{mv} = 400 m^3/s, min nivo za plovidbu.

3.2. Geološka građa i hidrogeološka svojstva terena

Dominantnu ulogu u geološkoj građi terena imaju panonski prašinasti lapori (M_3^2L), debljine preko 200 m i laporovite gline (M_3^2GL), debnjine 10-25 m. Mlađi, kvartarni sedimenti čine pokrivač, debljine 2-10 m. I različite su litogeneze: koluvijalne (ko), proluvijalne (pr), proluvijalno-aluvijalne (pr-al), aluvijalne (al) i deluvijalne (d).

Stabilnu podinu klizišta čine masivni sivi lapori (M_3^2L). A telo aktivnog klizišta čine koluvijalne naslage (ko) nastale gravitacionim pomeranjem stenskih masa niz padine. Pokrenuti materijali je vremenom menjao primarnu strukturu, vodna i fizičko-mehanička svojstva.

Telo klizišta je izdeljeno pukotinama različitog porekla (smicanja i raspadanja) i prostornog položaja što je uslovilo promenljivu vodopropustljivost. Koluvijum ima znatno nižu vodopropusnost u horizontalnom nego vertikalnom smeru. U podini klizišta su masivni lapori (M^2_3L) - praktično vodonepropusni.

Podzemne vode, kao jedan od neposrednih povoda formiranja i razvoja procesa kliženja, egzistiraju kao hidraulički nepovezane akumulacije i to:

- sa slobodnim nivoom, formirane u povlati tela klizišta, do dubine 6 - 8 m i
- subarteskog tipa formirane u "zdrobljenim" zonama uz najdublje zone smicanja.

Režim podzemnih voda se formira infiltracijom padavina (plus: vodovoda, septičkih jama i kanala na području Umke) i evapotranspiracijom. U priobalju na režim utiče i vodostaj reke. Podzemne vode Umke imaju veliku ukupnu mineralizaciju, povećan sadržaj SO_4 jona i hlorida usled zagađivanja otpadnim vodama. Visoka mineralizacije ukazuje da je cirkulacija podzemnih voda u telu klizišta usporena.

4. UZROCI, MEHANIZMI I DINAMIKA KLIZIŠTA UMKA – DUBOKO

Ovo „klizno žarište“ je jedno od najprostranijih i najdubljih u našoj zemlji. Njegova geneza, je osim geološke predisponiranosti, usko povezana sa erozijom desne obale i evolucijom meandra Save. Starost klizišta je višev ekovna. U savremenim uslovima, ubrzanju procesa znatno je doprineo antropogeni uticaj, stihijska urbanizacija, uvođenje vodovoda bez prateće kanalizacije, seča šuma, neodržavanje kanala i dr.

Međutim najbitniji uticaj ima rečna erozija desne obale. U temenu meandra reka je sužena na svega 200 m, korito produbljeno do 23 m a brzina toka velika. Konstantnim raskvašavanjem i erozijom, povećava se nagib obale, padina gubi oslonac i počinje da klizi, duž kontakta plastičnih glina i tvrdih lapora u podini.

Tokom prvih istraživanja 1979. god. se smatralo da je telo klizišta jedninstveno od čela do korita Save. Istraživanjima 1990. god. je ustanovljeno da je telo klizišta stepenasto i da se produbljuje u priobalju reke, što je potvrđeno i najnovijim istraživanjima 2005. godine.

Ovo je dalje omogućilo nalaženje sanacionih rešenja stabilizacijom priobalne inicijalne zone. Prema mehanizamu kliženja, tj. prostornom obliku, načinu pomeranja po dubini, smeru i brzini kretanja kliznog tela, ceo nestabilni potez je podeljen u šest kvazihomogenih blokova.

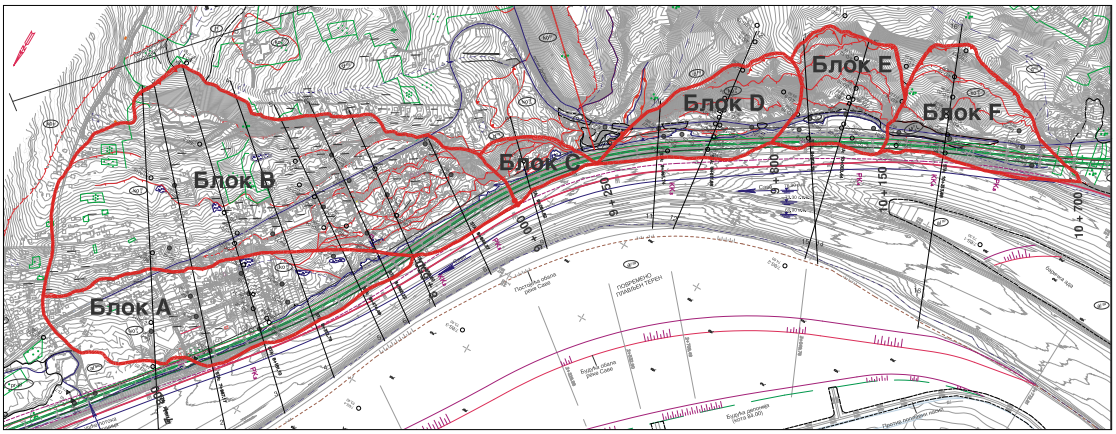
4.1. Klizište Umka

Klizište je u obliku lepeze, dužine 900 m, širine u nožici 1,45 km, površine 100 ha, maksimalne dubine 26 m, prosečne dubine 14 m i ukupne zapremine 14.000.000 m^3. Uzvodno krilo okonturuje strmi čeoni ožiljak, visine do 5 - 25 m. Površina terena je ispresecana brojnim sekundarnim ožiljcima visine 1 - 10 m.

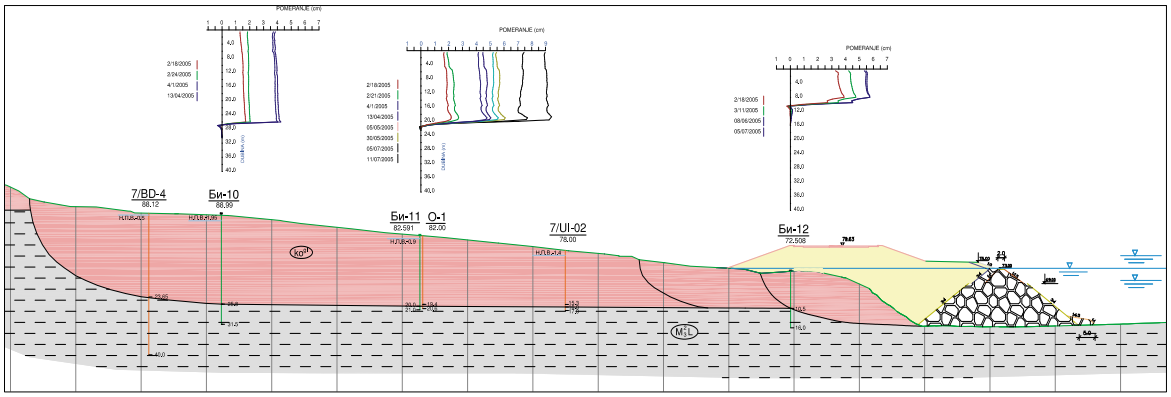
Prostor je neravnomerno urbanizovan, većina objekata je deformisana a proteklih godina više desetina se srušilo. Do eskalacije procesa dolazi krajem šesdesetih godina, prošlog veka, nakon stihijske urbanizacije i uvođenja vodovoda bez ptateće kanalizacije. Vodovod je često u prekidu a otpadne vode se upuštaju u teren. Kolovoz magistralnog puta M-19 je deformisan, na pojedinim delovima debljina asfalta je nekoliko metara. Kanali nisu u funkciji pa se voda difuzno sliva niz padinu.

U periodu istraživanja, u pijezometrima i bunarima registrovan je visok nivo podzemne vode, gotovo na površini terena. Velika metarska pomeranja klizišta su se događala u godinama hidroloških maksimuma: 1914, 1941, 1978, 1982, 2005 i 2006. Međutim, ukupna pomeranja u periodu 2006 – 2012. god. su bila konstantno iznad proseka.

Na klizištu je do sada izvedeno i osmatrano 29 inklinometra, 20 pijezometara i dva istražna okna. Prema morfologiji i mehanizmu kliženja izdvojena su tri bloka: A, B i C. Dužina blokova uz reku je 850, 350 i 250 m. Najdublja pomeranja su registrovana u bloku A - 26 m a u bloku B i C - 5 do 15 m. Pomeranja su po pravilu translatorna duž blago nagnutih kliznih površi. Brzina pomeranja se povećava tokom sniženja nivoa Save.



Slika 2. *Zoniranje klizišta po mehanizmu i dinamici pomeranja u šest blokova*

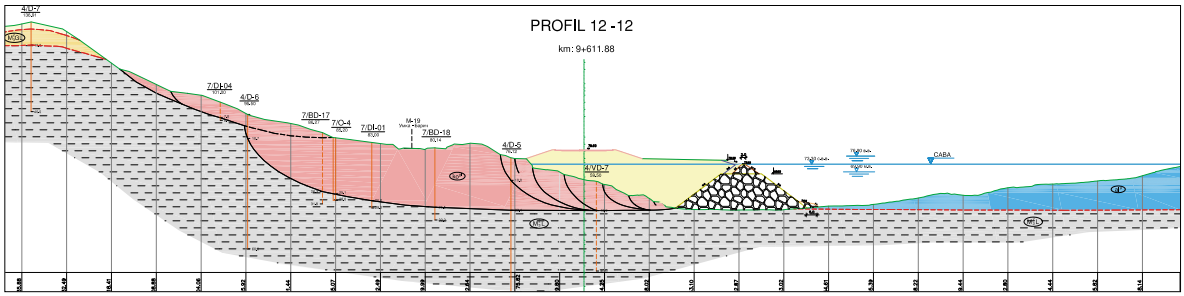


Slika 3. *Klizište Umka – centralni presek i detalj bloka „A“*

4.2. Klizište Duboko

Za razliku od Umke, prostor je obrastao gustom šumom i nije naseljen. Nožicom padine prolazi put M - 19. Klizište je frontalnog oblika, dužine uz reku 1,45 km a uz padinu do 300 m, što iznosi oko 40 ha. Sa prosečnom dubinom 15 m, zapremina klizišta je oko 6.000.000 m^3.

Do sada je ugrađeno 19 inklinometra, tri istražna okna i 15 pijezometara. Po morfologiji i mehanizmu kliženja izdvojena su tri bloka: D, E i F. Dužina blokova uz reku je 350 - 550 m a max dubine kliženja su u bloku D do 25 m, u bloku E do 16,5 m i bloku F do 10 m. Višegodišnjim osmatranjima je utvrđeno da su u Dubokom prosečna pomeranja znatno manja i da se proces generlano smiruje.



Slika 4. *Klizište Duboko – presek kroz blok „D“*

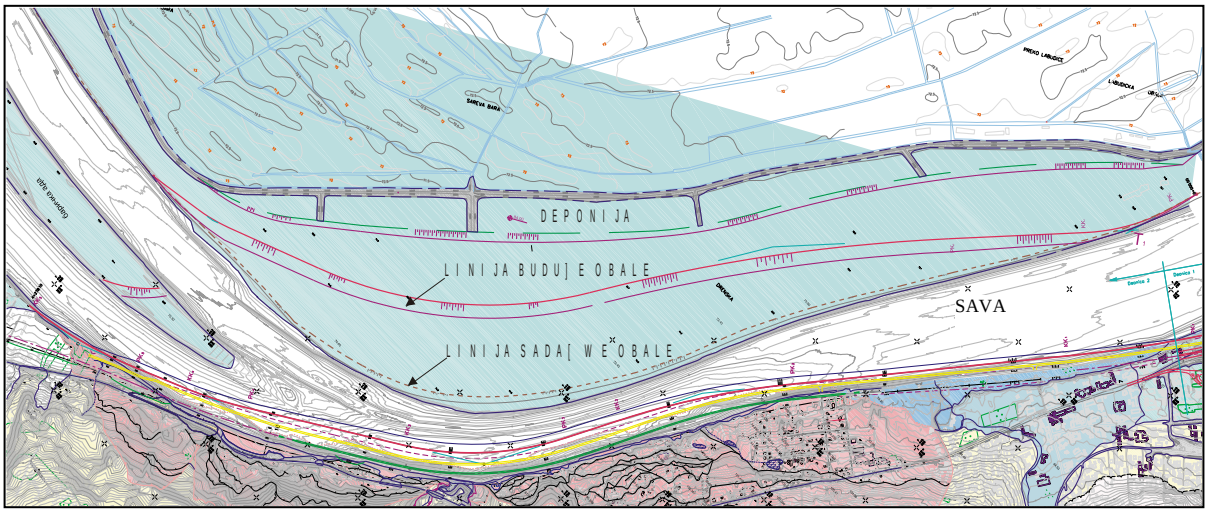
5. SANACIONE MERE

Definitivni položaj trase autoputa bio je uslovljen: geotehničkim svojstvima klizišta i izborom mera sanacije, zatim: režimom Save, uslovima regulacije i proširenja vodotoka (plovni put i morfologija korita), topografijom terena, položajem naselja i puta M - 19.

U iznalaženju optimalnih sanacionih rešenja učestvovao je ceo projektantski tim: geolog-geotehničar, projektant sanacije, hidrotehničar i projektant puta. Na osnovu sprovedenih analiza i više iterativnih postupaka, odlučeno je da se: izvrši proširenje korita reke Save na levoj obali, duž desne obale uradi paralelna potporna regulaciona građevina od lomljenog kamena, a trup autoputa da se smesti na visokom nasipu (od refuliranog peska) iza regulacione građevine. Osim toga predviđeno je: dreniranje, odvodnjavanje, planiranje i pošumljavanje nestabilnog terena.

5.1. Proširenje korita reke Save iskopom duž leve obale

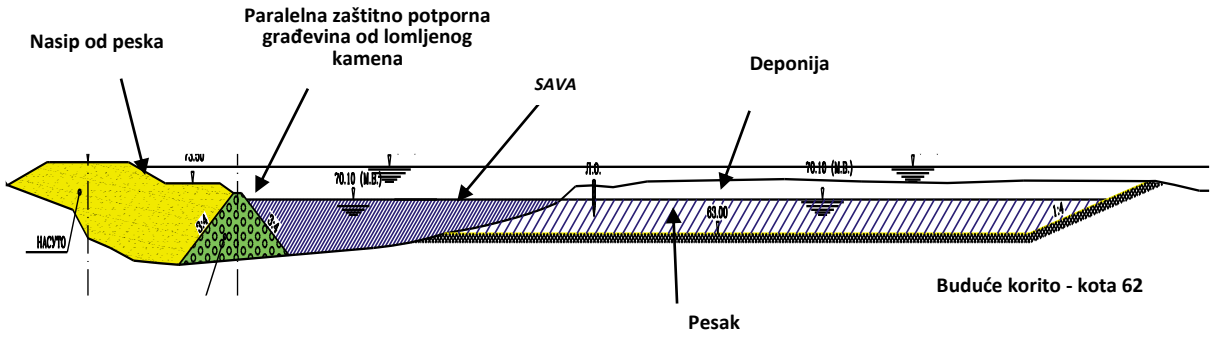
Proširenjem korita se smanjenje brzina toka i erozija desne obale, tj. uklanja glavni uzročnik nastanka, razvoja i obnavljanja klizišta. Dužina proširenja je oko 4 km a maksimalna širina 300 m. Iskopom se dobija duplo šire korito (450 m) i oko 3.700.000 m^3 kvalitetnog peska za izradu nasipa autoputa na desnoj obali. Prednost ovog pozajmišta je jeftin hidraulički iskop i transport peska refuliranjem.



Slika 5. *Proširenje korita Save duž leve obale*

5.2. Izrada paralelne regulaciona građevine (obaloutvrde) duž desne obale Save

se postiže kontrateret klizištu, sprečava erodovanje desne obale i formira zaštita budućeg nasipa autoputa. Regulaciona građevina je dužine 4 km. Za izgradnju je potrebno 1.480.000 m^3 krečnjaka iz kamenoloma, lociranih na desnoj obali Dunava kod Golubca. Transport kamena će se vršiti rečnim putem i direktno istovarati u rečno korito.



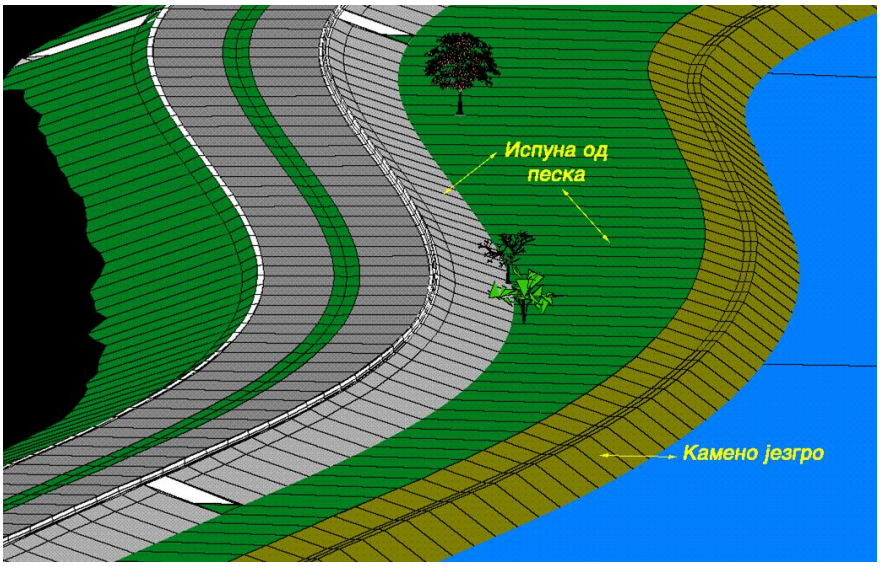
Slika 6. *Model regulacije korita Save*

5.3. Izrada trupa autoputa

Autoput bi se gradio na visokom nasipu u priobalju desne obale Save, između nožice klizšta i regulacione građevine - obaloutvrde. Nasip je dimenzionisan i oblikovan tako da svojim položajem i težinom maksimalno stabilizuje klizište. Za izgradnju je potrebno oko 3.700.000 m^3 peska koji će se obezbedti refuliranjem iz iskopa leve obale Save.

Tabela 1. *Poboljšanje hidrauličkih parametara u zoni proširenja korita reke Save*

PROTICAJ	PARAMETAR		SADAŠNJE STANJE	PROSEČNA VREDNOST NA ŠIREM PODRUČJU	POSLE REGULACIJE
Qmw 3000 (m^3/s)	B - širina	m	200	400	450
	F - poverenje potencijalnog profila	m^2	3000	4500	5500
Q 6500 (m^3/s)	V - brzina toka	m/s	1,8	1,2	0,9
	vučna sila	N/m^2	7,5	3	2,5
	G - transportna sposobnost	kg/s	6000	3000	1000



Slika 6. *Model autoputa i regulacione građevine – obaloutvrde duž desne obale Save od Umke do Bariča*

5.4. Izrada drenažnih sistema

Pored kontrolisanog prihvatanja i odvoda podzemnih voda drenažni sistemi služe da svojom konstrukcijom i kamenom ispunom stabilizuju teren. Projektovano je sedam drenaža dubine do 8 m.

5.5. Izrada mreže kanala za odvod površinskih voda i regulisanje potoka

Godišnje padavine u regionu su oko 700 mm i one pogoršavaju stabilnost padine. Iz tih razloga neophodno izvršiti kontrolisan odvod površinskih voda sistemom otvorenih gravitacionih kanala. U sklopu ovih mera je predviđeno i regulisanje postojećih potoka i izrada propusta.

5.6. Planiranje i pošumljavanje deformisanih površina terena

Ovim se postiže bolji balans masa, kvalitetnije odvodnjavanje, sprečava stvaranje plitkih klizišta i povećava opšta stabilnost terena. Pošumljavanje treba izvršiti zasadom: jove, breze, bagrema, vrbe i dr.

Projektovane sanacione mere stabilizuju inicijalne delove klizišta, a što je potvrđena analizama stabilnosti duž 15 profila, pre i posle primene sanacionih mera:

- paralelna hidrotehnička građevina i nasip autoputa, kao kontra teret, poboljšavaju stabilnost padine preko 30% u pojedinim profilima (Fs_{min} = 1,29 i Fs_{max} = 3,21).
- Srednji minimalni faktor sigurnosti za ceo prostor klizišta je veći od 1.50.

6. ZAKLJUČAK

Na kritičnom mestu meandra, reka Sava direktno podlokava desnu brežuljkastu obalu i time stvara inicijalne uslove procesa kliženja. U cilju izgradnje stabilnog autoputa, veličina i priroda ovog problema zahteva obimne građevinske intervencije na njegovom saniranju.

Postupak mikrolociranja trase autoputa i sanacione građevine, na potezu klizišta Umka - Duboko, sproveden je u više iterativnih koraka, u cilju izbora optimalnog rešenja sa zadovoljavajućim faktorom stabilnosti. Strateško opredeljenje projektantskog tima je bila primena jedinstvenog tehničko - tehnološkog rešenja, kontinualno, duž celog ugroženog poteza. Predloženo rešenje, osim svoje osnovne uloge - sprečavanja erozije i kretanja padine, obezbeđuje dovoljno prostora za polaganje trupa autoputa i formiranje nove regulisane obale reke. Sanaciona građevina se sastoji od trapeznog kamenog nasipa koji formira novu obalu i ispune od peska koja čini podlogu za trup autoputa i plato za prilaz obali. Navedene građevine ujedno imaju stabilizirajuću funkciju (trenje i kontrateret) i zaštitu obale od erozije i sufozije. Istovremeno ovo tehničko rešenje predstavlja najjeftiniju varijantu prilagođenu tehnološkim i prirodnim resursima.

Predviđeni plato između trupa autoputa i nove regulisane obale je celom dužinom građevine, širine 15 - 35 m, ima za cilj da obezbedi pristupačnost obali, kako pešacima tako i servisnim vozilima.

Sanacijom inicijalnog dela klizišta dobijaju se višestruko pozitivni efekti: približno 200 ha, trenutno neupotrebljivog gradskog građevinskog zemljišta, sa oko 500 objekata, u neposrednoj blizini reke, će se dovesti u ekološki i građevinski ispravno stanje. Istovremeno se stvaraju uslovi za nesmetano provođenje ostalih infrastrukturnih sistema ovim koridorom.

Refuliranjem peskovitog materijala sa leve obale Save proširuje se njeno korito na mere propisane standardima plovnog puta. Period gradnje cele deonice zavisi od ključnog objekta - kamene hidrotehničke građevine za čiju realizaciju je potrebno oko 18 meseci.

Literatura

[1] Generalni i Idejni projekat autoputa E-763 Beograd – Južni Jadran, Ostružnica – Obrenovac, (1998 – 2005). Fondovska dokumentacija Instituta za puteve AD Beograd.
[2] Jelisavac, B., Mitrović, P., Vujanić, V., Milenković, S., Jotić, M. (2011). Geotechnical conditions for E -763 Motorway construction from Belgrade to South Adriatic across the landslide Umka – Duboko. Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Athens.

PRORAČUN DEBLJINE BETONSKIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA ARMIRANIH VLAKNIMA

Nikola Gažo[1]
Milan Bošnjaković[2]
[1] *MISP-IPA 2010 - EPTISA , Šumatovačka 3a, Beograd, gazo.nikola@gmail.com*
[2] *Institut za puteve, Kumodraška 257, Beograd, milan.bosnjakovic@highway.rs*

Rezime: *Primena betonskih kolovoznih konstrukcija armiranih vlaknima je sve rasprostranjenija. Primenom odgovarajućih vlakana može se značajno povećati izdržljivost betona, a postoji doprinos i u povećanju trajnosti kao i otpornosti na habanje, udare i zamor. Povećanjem žilavosti moguće je redukovati debljinu betonskog preseka i povećati rastojanje između dilatacija. U radu je prikazan savremeni način proračuna i dimenzinisanja betonskih kolovoznih konstrukcija armiranih vlaknima zasnovan na ostvarenoj izdržljivosti kompozitnog materijala. Poseban akcenat je dat na izbor vrste i tipa vlakana prema njihovoj funkciji u finalnom betonskom konglomeratu, uz objašnjenje relavantanih parametara kojima se definiše mehaničko svojstvo betonskog kompozita. Dat je i osvrt na druge vrste betonskih kolovoznih konstrukcija. Prezentovani model proračuna je opšte prihvaćen u svetskoj praksi i može biti od koristi u praktičnoj primeni u domaćoj praksi, kako projektantima tako i izvođačima specijalizovanim za ovakve tipove konstrukcija.*

Ključne reči: *kolovozne konstrukcije, armiranje kolovoza, vlakna, izdržljivost, zamor.*

Abstract: *The application of fiber reinforced concrete pavement is constantly expanding. Applying appropriate fiber type could result with concrete higher strength, also with increased lifetime and resistance to abrasion, impact and fatigue. Higher toughness may reduce concrete pavement thickness and increase joint spacing. The paper describes modern design of fiber reinforced concrete pavements based on achieved toughness of composite material. Special reference is made on chose of type and class of fibers according their function in final concrete conglomerate with description of relevant mechanical parameters of concrete composite. Reference is made on other types of concrete pavements. Presented design model is generally accepted in world practice and it could be helpful for domestic projects, as for designers as well for contractors specialized for pavement constructions.*

Key words: *concrete pavements, pavement reinforcement, fiber, toughness, fatigue.*

1. UVOD

Betonske kolovozne konstrukcije su u konstruktivnom smislu krute konstrukcije koje su prvobitno primenjivane kod izrade kolovoza mostova, aerodroma, autobuskih stajališta i industrijskih manipulativnih platoa, a nakon toga primena se proširila na kolovoze autoputeva i gradskih saobraćajnica.

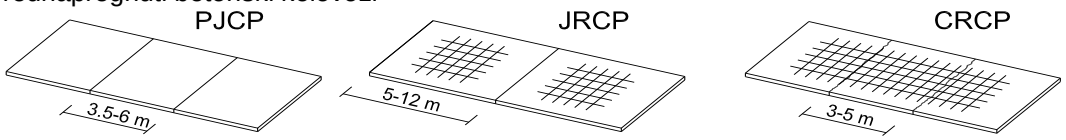
Beton kao materijal je izrazito krt i relativno male nosivosti na zatezanje. Razvojem tehnologije razvijala se i ideja mikroarmiranja, odnosno ojačanja betonskog kompozita vlaknima ravnomerno raspoređenim u masi. Beton armiran vlaknima, na engleskom Fiber Reinforced Concrete (FRC), poboljšao je neke mehaničke karakteritike i otvorio novo poglavlje u inženjerskoj praksi. Primenjuju se vlakna različitih tipova u pogledu materijala, veličine i oblika, u različitim količinama i sa različitim efektima. Primena betonskih kolovoznih konstrukcija armiranih vlaknima je sve rasprostranjenija, proizvođači vlakana kontinualno razvijaju nove materijale i tehnike za izradu vlakana sa boljim uticajima na betonski kompozit, a istraživanja širom sveta su fokusirana na pronalaženje novih primena ovog savremenog materijala. Krute kolovozne konstrukcije su, u domaćoj praksi zapostavljene za razliku od klasičinih fleksibilnih kolovoza, čija primena prati savremene svetske trendove. Ipak, opravdano je, u skorijoj budućnosti očekivati povećano interesovanje za primenu kolovoznih konstrukcija ojačnih vlaknima, jer usavršavanjem navedene tehnologije, trajnost, pouzdanost i ekonomičnostna ovakvih konstrukcija, preovladaće ustaljene stavove o krutim kolovoznim konstrukcijama i njihovim visokim početnim troškovima, dok će sa druge strane primena bitumenskih kolovoza delimično zavisiti od tržišta i rezervi naftnih derivata.

1.1 Tipovi betonskih kolovoznih konstrukcija

Krute betonske kolovozne konstrukcije se dele na sledeće tipove:

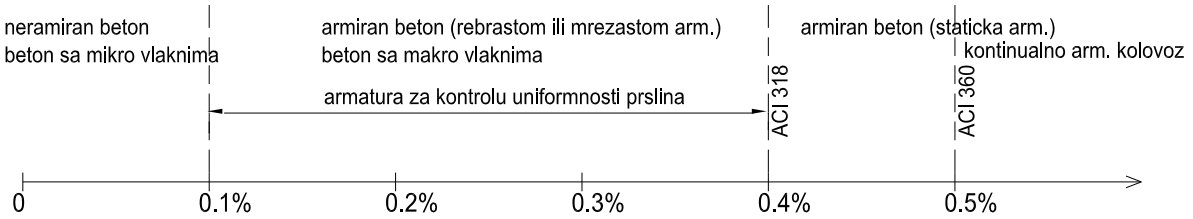
[1] Nikola Gažo, *gazo.nikola@gmail.com*

1) Nearmirani betonski kolovozi sa spojnicama (PJCP – plain jointed concrete pavement)
2) Armiranobetonski kolovozi sa spojnicama (JRCP – jointed reinforced concrete pavements)
3) Kontinualno armiranobetonski kolovozi (CRCP – continuously reinforeced concrete pavements)
4) Prednapregnuti betonski kolovozi



Slika 1: *Različiti tipovi betonskih kolovoza (Lofsjogard, 2006)*
Izvor: Design of concrete pavements – design criteria for plain and lean concrete, Johan Soderqvist

Armatura u betonskim kolovozima u količinama 0,1-0,4% zapremine, je u funkciji kontrolisanja prslina, odnosno njena uloga nije da spreči pojavu prslina niti da prihvati napone zatezanja od opterećenja već da kontroliše otvaranje i propagaciju prslina koje se javljaju usled skupljanja i kontrakcije betonskih kolovoza. Betonska kolovozna konstrukcija se dimenzioniše kao nearmirani betonski kolovoz. Kolovozne konstrukcije armirane sa više od 0,4% (0,5%) spadaju u kontinualno armirane kolovoze za koje je razvijen poseban način proračuna. Betonski kolovozi armirani vlaknima spadaju u grupu armiranobetonskih kolovoza sa spojnicama uz napomenu da vlakna imaju značajan efekat u prihvatanju napona usled opterećenja, te utiču na redukciju potrebne debljine betonskog kolovoza za razliku od kolovoza sa armaturom za kontrolu prslina čije su debljine kao i kod nearmiranih betonskih kolovoza. Metod proračuna debljine betonskog kolovoza armiranog vlaknima je prikazan u daljem tekstu.



Slika 2: *Funkcija armature u odnosu na zaperminiski procenat armiranja*
Izvor: Fiber reinforced concrete, Patrick Greer

2. VLAKNA

Vlakna predstavljaju mikro armaturu uniformno raspoređenu u betonskom kompozitu čije su mehaničke karakteristike (granica razvlačenja, moduo elastičnosti) značajno veće od samog betona, te kompozit betona i vlakana rezultuje poboljšanim mehaničkim karakteristikama. Vlakna klasifikujemo po više osnova: po materijalu, veličini, obliku i načinu ankerovanja.
Prema materijalu od kojeg su proizvedena vlakna delimo na: čelična, polimerna (najlon, poliester, polipropilenska i sl.), staklena, karbonska i prirodna (celuloza i slično).
Prema svojoj veličini, a samim tim i ulozi u betonskom konglomeratu, vlakna se dele na mikro i makro vlakna. U marko vlakna spadaju čelična vlakna i makro-propilenska vlakna koja su pandan čeličnim. Dok sva ostala vlakna spadaju u grupu mirko vlakana.
U pogledu uticaja na mehaničke karatersitike betonskog konglomerata makro vlakna utiču na:

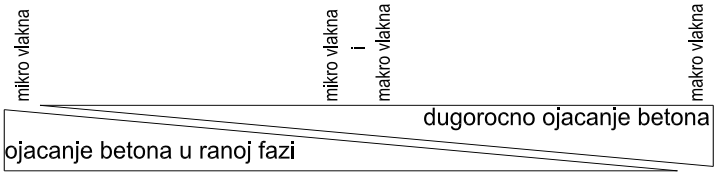
- povećanje žilavosti, odnosno duktilnosti,
- povećanje otpornosti na udarno opterećnje,
- povećanje otpornosti na ciklično opterećenje (zamor),
- smanjenje propagacije prslina tokom eksploatacije,

dok mirko vlakna utiču na:

- smanjenje propagacije prslina tokom ranog termalnog skupljanja, u fazi očvršćavanja betona
- povećanje otpornisti na abraziju
- povećanje otpornosti na udarno opterećnje
- povećanje otpornosti na mraz
- povećanje zaštite armature od korozije

Prilikom proračuna betonskih kolovoznih konstrukcija armiranih vlaknima, od značaja je uticaj makro vlakana na kompozit, što će biti prikazano u daljem tekstu. Mikro vlakna deluju mehanički, dodajući kohezioni efekat zadržavanjem vode u površinskim slojevima betona, usporavajući isparavanje i pospešujući cementnu hidrataciju, čime smanjuju rano plastično sleganje i skupljanje. Na očvrslom betonu, njihov efekat u povećanju mehaničkih karakteristika je zanemarljiv ali je povećana otpornost na abraziju i mraz. Važno je

napomenuti da je primena mešavine makro i mikro vlakana pokazala dobre rezultate u praksi, bez ograničenja pojedinačnih svojstava svakog tipa vlakana.



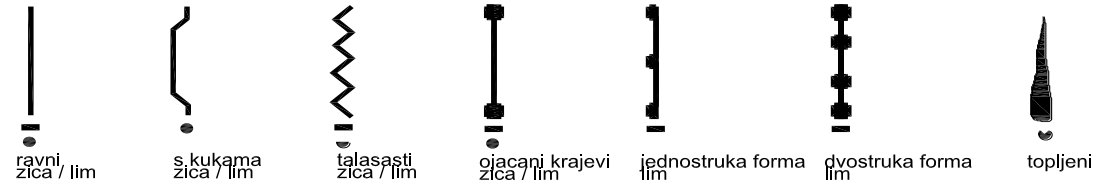
Slika 3: *Primena vlakna*
Izvor: Fiber reinfoced concrete, Patrick Greer

2.1. Merodavne mehaničke karakteristike kompozita

Makro vlakna su najčešće izrađena od visokovrednog čelika ili polipropilena specijalne strukture. Mehaničke karakteristike čeličnih i makro-sintetičkih vlakana su, redom, u sledećem opsegu:

	čelična vlakna	makro-sintetička vlakna
zatezna čvrstoća	950-1700 MPa	350-700 MPa;
moduo elastičnosti	200 GPa	3.0-3.5 GPa;
specifična težina	7.8 t/m3	0.9 t/m3;
prečnik	0.25-1.2 mm	10-50 μm;
dužina	20-70mm	40-50 mm.

Postoje razni oblici vlakna od pravih do zakrivljenih, deformisanih i testerastih, dok oblik poprečnog preseka varira između kružnog, polukružnog i pravougaonog.

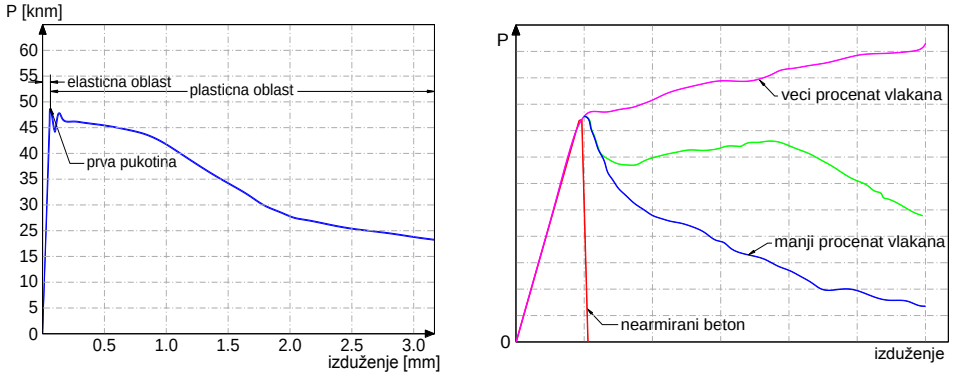


Slika 4: *Različita geometrija čeličnih vlakana*
Izvor: State of art report on fiber reinforced concrete, Reported by ACI Committee 544.R-96

Količina vlakana koja se dodaje betonskoj masi izražava se kao masa vlakana u jedinici zapremine betona, a dozaža je u opsegu 20-100 kg/m3 za čelična i 1.8-7.0 kg/m3 za makro-sintetička vlakna. Na osnovu karakteristike samih vlakana ne može se jednoznačno odrediti njihov krajnji uticaj na betonski kompozit. Karakteritike kompozita su u funkciji velikog broja parametara, kao što su: mehaničke karakteristike vlakana, oblik vlakana, dužina vlakana, mehanizam sidrenja vlakana, gustina i raspored u mešavini. Za prikazani proračun i klasičnu primenu u betonskim kolovozima, visoke dozaže nisu od značaja. Za uobičajne doze, uticaj vlakana na betonski kompozit se ogleda u sledećem: povećanje pritisne čvrstoće 0-15%; povećanje zatezne čvrstoće 30-40%; povećanje rezidualne čvrstoće na savijanje 50-150%; povećanje otpornosti na zamor u vrednosti 60-90% od granice loma. Svakako, najznačajnije poboljšanje betona armiranog vlaknima je povećanje njegove sposobnosti absorcije energije i iskorišćenje zaostale-rezidualne nosivosti (*residual strength*) elementa, kroz plastične deformacije, odnosno povećanje izdržljivosti (eng. tougness ili ponekad ductility) pri savijanju kroz plastifikaciju materijala. Upravo je mera izdržljivosti merodavan parametar za izbor vlakana i proračun konstrukcije.

2.2. Mera izdržljivosti (*toughness)*

Izdržljivost, odnosno mera izdržljivosti definisana je kao mogućnost kompozita da prihvati opterećenja i nakon pojave prve prsline u betonu. Pojavom prve prsline u betonu dolazi do aktivacije čeličnih vlakana koja imaju mogućnost preraspodele uticaja (energije) i naprezanja u elementu, zbog čega betoni armirani čeličnim vlaknima i nakon pojave prslina poseduju nosivost. Postojanje duktilnosti i žilavosti u kompozitu dovodi do rezidualnog kapaciteta na savijanje, koji je posledica plastičnog ponašanja materijala i može se iskoristiti za projektovanje konstrukcija s kontrolisanim deformacijama, kao što su ploče oslonjene na tlo i kolovozi. Proračun nosivosti konstrukcija armiranih čeličnim vlaknima, zasnovan je na principima teorije plastičnosti i sprovodi se na osnovu mere izdržljivosti, odnosno zaostale nosivosti.



Slika 5 levo: *Dijagram P-Δ (sila – deformacija) za beton armiran čeličnim vlaknima - oblasti*
Izvor: Design of steel fiber reinforced concrete slabs on ground and shotcrete linings, Frank Papworth, Royce Ratcliffe, Peter Norton
Slika 5 desno: *Dijagram P-Δ (sila – deformacija) za beton armiran čeličnim vlaknima – procenat armiranja*
Izvor: Reported by ACI Committee 544 - State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced ConcreteDesign, James I. Daniel, Vellore S. Gopalaratnam and others

Za sagledavanje fenomena žilavosti i plastičnog ponašanja koristimo određeni elasto-plastični model. Najčešće prikazivani dijagrami su dijagrami P-Δ. Na slici 5 su prikazani dijagrami P-Δ za beton armiran čeličnim vlaknima. Na prikazanim dijagramima uočavamo deo dijagrama sa elastičnim ponašanjem, do pojave prve prsline u betonu i deo sa plastičnim ponašanjem. U zavisnosti od količine čeličnih vlakana, moguć je slučaj u kome dolazi do oslabljenja, ojačanja ili ponašanja materijala približno idealno elastično plastičnom modelu. Kompoziti sa količinama čeličnih vlakana primenljivim u praksi su pretežno materijali sa oslabljenjem, što pokazuje jedna od krivih na slici 5, desno.

Za određivanje mere izdržljivosti postoji nekoliko standarda i testova koji su zasnovani na principu potrošene energije, od trenutka nanošenja sile do dostizanja određene granične deformacije. Drugim rečima, mera izdržljivosti-žilavost se kvantifikuje površinom ispod P-Δ dijagrama, do unapred određene deformacije.

Sama žilavost, duktilnost konstrukcije zavisi od količine, oblika, sile kidanja, načina ankerovanja i odnosa prečnik/dužina čeličnih vlakana. Uzimajući u obzir broj karakteristika od kojih zavisi žilavost betona armiranog čeličnim vlaknima, neuputno je prilikom projektovanja i propisivanja sastava betona, vezati se samo za neke od pomenutih karakteristika, već je ispravno definisati krajnji efekat vlakana u kompozitu kroz meru izdržljivosti. Preporuke u oblasti betona armiranog vlaknima su da se žilavost, odnosno mera izdržljivosti dobijena na način opisan u nekom od standarda, treba uzeti kao jedini relevantan parametar prilikom proračuna nosivosti konstrukcija od betona armiranog vlaknima i da obavezno mora biti specificiran u projektu, uz napomenu na koji se tačno standard odnosi. Na osnovu definisane mere izdržljivosti, budući izvođač može uporediti vlakna i njihovu dozažu različitih proizvođača i izabrati odgovarajuća. Proizvođači daju dijagrame i/ili tablice zavisnosti mere izdržljivosti i količine vlakana u mešavini, za razne tipove vlakana iz proizvodnog programa. Primeri dijagrama su prikazani na slici 6, desno. Mera žilavosti je vezana za tačno određeni standard, na šta treba obratiti pažnju. U slučaju velikih količina radova, kao i za objekte od značaja, kao što su putevi, obavezno je izvršiti prethodna ispitivanja betona armiranog čeličnim vlaknima koja će se upotrebljavati u izgradnji i te rezultate uporediti sa rezultatima koje daje proizvođač.

U daljem tekstu opisana su 2 osnovna standarda za određivanje žilavosti i njenu upotrebu u proračunima:
- Američki standrad „ASTM C 1018 - US standard“
- Japanski standard „JSCE – SF4 - Japanese standard“

ASTM C 1018

$I_X = \frac{X+1}{2}\Delta.$ (2.3a)

$R_{a,b} = 100\frac{(Ib-Ia)_{SFRC}}{(Ib-Ia)_{EP}}$ (2.3b)

$R_{10,30} = 100\frac{I30-I10}{30-10}$ (2.3c)

$f_{10,30} = f_0\frac{R_{10,30}}{100}$ (2,3g)

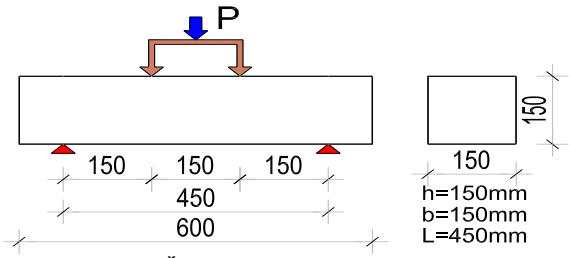
JSCE – SF4

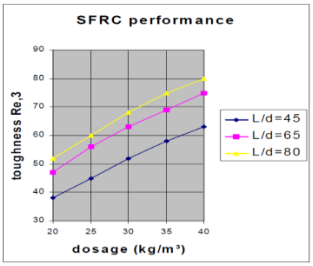
$f_u = \frac{P_u \cdot l}{b \cdot h^2}$ (2.3d)

$f_{e,\Delta} = \frac{T_\Delta}{\Delta \cdot b \cdot h^2}$ (2.3e)

$R_{e,\Delta} = 100\frac{f_{e,\Delta}}{f_{ct,fl}}$ (2.3f)

I_X – indeks izdržljivosti za određenu deformaciju
$R_{a,b}$ – odnos izdržljivosti za opseg dilatacija (mera izdržljivosti za a=10, b=30)
$f_{a,b}$ – osrednjena vrednsot napona
f_u – moduo kidanja (MOR)
$f_{e,\Delta}$ - ekvivalnentna čvrstoća na savijanje
$R_{e,\Delta}$ - mera izdržljivosti za Δ=3mm (L/150)





Slika 6 levo: *Šematski prikaz dispozicije testa za ASTM 1018 i JSCE – SF4 standard*
Izvor: ASTM 1018 standard
Slika 6 desno: *Zavisnost mere žilavosti od oblika vlakana i količine*
Izvor: Steel fibers reinforced concrete for slabs on ground: from knowledge to application [11]

2.3. ASTM C 1018 - US standard

Ispitivanja u okviru standarda se izvode na uzorcima dimenzija 15x15x60cm, statičkog sistema proste grede, raspona 45cm, opterećenim jednom silom u trećinama raspona. Merenje ugiba se vrši na sredini raspona. Šematski prikaz dat je na slici 6, levo.
Standard uvodi "Indeks izdržljivosti" I_x (*toughness index)* kao prvu referentnu vrednost i definiše je kao odnos absorbovane energije do određene deformacije i energije potrebne za pojavu prve prsline. Standardom predefinisani indeksi žilavosti su: I_5, I_{10}, I_{30}, koji se proračunavaju za deformacije od 3Δ; 5,5Δ; 15,5Δ, respektivno, gde je Δ-deformacija prilikom pojave prve prsline. Šematski prikazano za I_{30} to je odnos površina OAGH/OAB sa dijagrama prikazanih na slici 7, desno. Za slučaj potrebe definisanja indeksa žilavosti sa drugim vrednostima deformacija koristi se relacija (2.3a). Nažalost, indeks izdržljivosti je vrednost koja se ne može koristiti prilikom proračuna nosivosti elemenata armiranih čeličnim vlaknima.

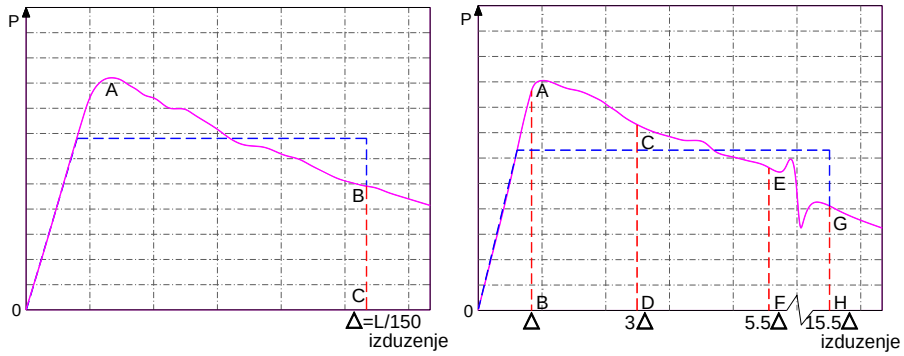
Kao drugu referentnu vrednost standard uvodi "odnos izdržljivosti" $R_{a,b}$ (*toughness ratio)*, odnosno faktor rezidulane čvrstoće. Faktor rezidualne čvrstoće se definiše kao odnos razlike indeksa žilavosti za dve prethodno definisane vrednosti deformacije za stvarni materijal i idealno elastoplastični materijal, izražen u procentima. Opšti izraz za proračun odnosa izdržljivosti dat je na (2.3b). Faktor rezidualne čvrstoće za opseg deformacije od 5.5Δ do 15.5Δ odnosno za indekse izdržljivosti I_{10} i I_{30}, repsektivno, definiše se kao što je dato u (2.3c). Parametar $R_{10,30}$ može se koristiti kao vrednost mere izdržljivosti za proračun konstruktivnih elemenata armiranih čeličnim vlaknima.
Pored I_x i $R_{a,b}$ standard daje još jednu vrednost koja se može koristiti prilikom proračuna betonskih elemenata armiranih čeličnim vlaknima. Ovaj parametar predstavlja "osrednjenu vrednost napona savijanja"[3] i proračunava se na način prikazan u (2.3g), gde je f_0 – napon savijanja pri pojavi prve prsline.

2.4. JSCE-SF4 - Japanese standard

Ispitivanja u okviru standarda se izvode na uzorcima dimenzija 15x15x60cm, statičkog sistema proste grede, raspona 45cm, opterećenim jednom silom u trećinama raspona. Ugib se meri na trećinama raspona, odnosno ispod tačaka nanošenja opterećenja. Šematski prikaz dat je na slici 6, levo.

Standard nastoji da definiše vrednosti dozvoljenih naprezanja za određene deformacije, na osnovu dijagrama P-Δ. Prva referentna vrednost data standardom je "Moduo kidanja" f_u (*modulus of rupture-MOR)*, i predstavlja stvarnu otpornost na savijanje. Moduo kidanja je napon dobijen za stvarnu graničnu silu P_u[4] i geometrijske karakteristike grede prema standardu. Izraz za izračunavanje dat je u (2.3d). Druga referentna vrednost data standardom je "Ekvivalentna čvrstoća na savijanje" koja predstavlja kvantifikaciju izdržljivosti i proračunava se iz izraza (2.3e), gde je T_Δ - površina ispod dijagrama P-Δ od početka nanošenja opterećenja do prethodno definisane deformacije Δ (površina OABC, slika 6 levo). Ekvivalentnu čvrstoću na savijanje dobijenu osrednjavanjem površine ispod P-Δ dijagrama možemo posmatrati kao zemenjujuću silu pri kojoj dolazi do pojave plastičnih deforamcija kod idealno elasto-plastičnog modela.
Za vrednost mere izdržljivosti $R_{e,\Delta}$, usvaja se odnos ekvivalentne čvrstoće na savijanje i karakteristične čvrstoće betona na zatezanje dobijene savijanjem bez čeličnih vlakana izražene u procentima. Meru izdržljivosti $R_{e,\Delta}$ dobijamo prema izrazu datom u (2.3f). Vrednosti koje se koristi pri projektovanju su $f_{e,3}$, odnosno $R_{e,3}$ i definišu se kao vrednosti za konačnu deformaciju od 3mm, odnosno L/150.

[3] Osrednjena vrednost napona savijanja - mean coventional bending stres
[4] Pu – sila u trenutku pojave prve prsline



Slika 7: *Dijagram P-Δ (sila – deformacija) za* JSCE – SF4 *(levo);* ASTM 1018 *(desno)*
Izvor: Reported by ACI Committee 544 - State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete Design, James I. Daniel, Vellore S. Gopalaratnam and others

Oba standarda principijalno teže određivanju referentne vrednosti mere žilavosti ($R_{10,30}$; $R_{e,3}$) koja bi se koristila prilikom proračuna nosivosti betonskih elemenata armiranih čeličnim vlaknima. Pristup određivanja parametra u standardu ASTM C1018 zavisi od preciznosti merenja deformacije nastanka prve prsline, što je podložno grešci. Pored navedenog, priraštaj deformacije od Δ do 3Δ je jako brz, pa je dijagram u tom području nejasan, odnosno nepraktičan za upotrebu.

Parametri dobijeni procedurama iz standarda ASTM C1018 su pogodniji za primenu prilikom projektovanja gde je širina prslina kriterijum za proračun, dok se parametri dobijeni iz standarda JSCE-SF4 u praksi više koriste za proračune konstrukcija sa velikim pomeranjima i potrebom za absorbovanjem energije udara (udarna i ciklična opterećenja). Vrednosti $R_{e,3}$ i $f_{e,3}$ prema JSCE-SF4 ne zavise od preciznosti merenja deformacije prilikom pojave prve prsline u betonu, pa se smatraju pouzdanijim od vrednosti $R_{10,30}$ i $f_{10,30}$ prema ASTM C1018.

3. PROJEKTOVANJE BETONSKIH KOLOVOZA

Betonski kolovozi su u osnovi betonske ploče oslonjenje na tlo sa ili bez podloge, odnosno teorijski gledano ploče oslonjene na deformabilnu podlogu, opterećene kao druge putarske konstrukcije. Pri projektovanju betonskih kolovoznih konstrukcija sledeći elementi moraju biti analizirani i jednoznačno definisani kako bi za zadato opterećenje kolovoz doživeo projektovani vek trajanja:

1) Podloga kolovoza (samonikla, sa ili bez nasipa i poboljšanja) je u funkciji mehaničkih karakteristika postojećeg tla, intenziteta opterećenja, dostupnog materijala i tipa kolovozne konstrukcije, a projektuje se prema kriterijumima nosivosti, trajnosti i deformabilnosti;
2) debljina kolovozne konstrukcije koja je u funkciji krutosti podloge, usvojene materijalizacije (betona i vlakana), rasporeda spojnica, mehanizma prenosa opterećenja (veze) između ploča, projektnog perioda i predviđenog opterećenja, a mora ispuniti kriterijume nosivosti, otpornosti na zamor i habanje (eroziju);
3) Dispozicija spojnica koja obuhvata definsanje rasporeda i vrste radnih i dilatacionih spojnica u funkciji tehnologije izgradnje, projektovanog ponašanja (slobodne, pomerljive u jednom pravcu ili uklještene) i mehanizma prenosa opterećenja (veze) između ploča, a prema kriterijumima trajnosti, ugradljivosti i očuvanja projektovanog naponskog stanja
4) Mehanizam prenosa uticaja na spoju susednih ploča u funkciji intenziteta opterećenja, trajnosti, rasporeda dilatacija i usvojenog mehanizma, a prema kritrijumima nosivosti, trajnosti i tehnologije izgradnje
5) bankine koje zavise od saobraćajnih parametara ali u nekim slučajevima mogu biti deo konstrukcije
6) obrada završne betonske površine prema kriterijumima otpornosti na abraziju i klizanje

Potrebno je napomenuti da se krute kolovozne konstrukcije, mogu izvoditi na podlogama koje imaju niže krutosti u odnosu na podlogu fleksibilnih kolovoza, ali je uniformnost podloge od velikog značaja. Modul reakcije podloge (k) kao i njegove varijacije u toku godine usled atmosferskih i hidroloških uticaja su osnovni parametri za proračun debljine kolovozne konstrukcije. Značaj podloge i nasipa pri projektovanju kolovoznih konstrukcija prevazilaze okvire ovog rada te neće biti dalje razmatrani.

Dispozicija spojnica je od krucijalnog značaja za ponašanje kolovozne konstrukcije i neposredno utiče ne proračun debljine kolovoza kao i na ponašanje kolovoza u eksploataciji u pogledu rizika od nastanka i propagacije prslina. Radne spojnice su one koje iz praktičnih razloga nastaju u toku izvođenja saobraćajnice, dok se dilatacione formiraju prema projektovanom planu. Radne spojnice u gotovom kolovozu mogu, a ne moraju imati istu funkciju i mehanizam prenosa opterećenja kao i dilatacione spojnice. Prema uticaju na pomeranja dilatacionih ploča kolovoza, spojnice se dele na kontrakcione, ekspanzione i vitoperne. Prema načinu prenosa opterećenja, dele se na: slobodne, kontinualne, uklještene agregatom i sa moždanicima.

Način prenosa opterećenja i pomerljivost spojnica je od izuzetnog značaja za kolovoznu konstrukciju, pa se za postupak proračuna debljine kolovoza pretpostavlja da je dispozicija spojnica usvojena, te su ploče dužine L i širine B. Raznovrsnost, značaj i različit uticaj dilatacija na kolovozne konstrukcije je izvan okvira ovog rada.

Prema mehanizmu prenosa operećenja, spojnice mogu biti: slobodne spojnice bez ikakvog prenosa opterećnja, uklještene agregatom, sa moždanicima i kontinualno armirane. Spojnice u vidu slobodnih ivica, odnosno bez mehanizma za prenos opterećenje predstavljaju prevaziđeno rešenje koje usled cikličnog opterećenja dovodi do smicanja susednih dilatacionih ploča čime se gubi udobnost vožnje i povećava rizik oštećenja ivica ploče. Kontinualno armirane spojnice se primenjuju samo kod kontinualno armiranih betonskih kolovoza. Kontrakcione spojnice koje dopuštaju pomeranja ploča upravno na spojnice, mogu obezbediti prenos opterećenja preko uklještenja agregata (*agreggate interlock*) uz uslov da je otvaranje dilatacije kontrolisano. Za spojnice sa većim otvaranjima prenos opterećenja je moguć jedino putem posebnih elemenata, odnosno moždanika. Moždanici mogu biti konstruisani od armaturnih šipki ili od posebno konstruisanih elemenata, s tim da je proračun moždanika obavezan deo projekta, što je van okvira ovog rada.

Bankine se projektuju prema potrebama saobraćajnice, s tim da u zavisnosti od njihove funkcije i tipa mogu biti deo kolovozne konstrukcije. U slučaju da je bankina projektovana kao monolitni deo kolvozne konstrukcije, njen efekat na dimenzinisanje kolovoza ogleda se u odaljavanju slobodne ivice konstrukcije, koja je najkritičniji presek, od mesta prelaza točka. Ovaj efekat je uvršten kroz korekcioni faktor.

Završna obrada betonskog kolovoza je usko vezana za funkciju i kategoriju saobraćajnice, kao i način izvođenja kolovoza. Prema funkciji saobraćajnice potrebno je definisati kriterijum otpornosti na habanje i klizanje koji treba dalje da bude razrađen tehnologijom izvođenja radova i/ili projektom betona. Tehnologija izrade završnog sloja nema uticaja na proračun debljine kolovoza.

3.1. Proračun debljine kolovozne konstrukcije

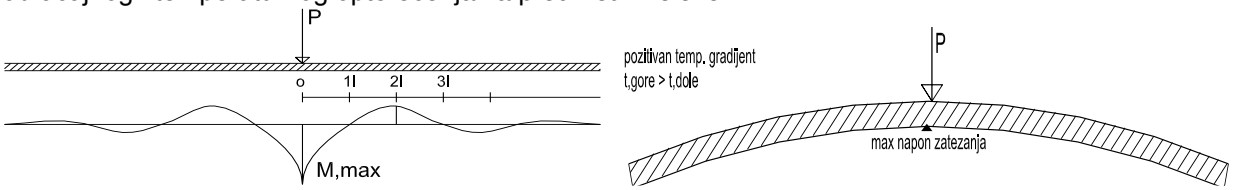
Proračun potrebne debljine betonske kolovozne konstrukcije sprovodi se iterativno, tako što se usvoji klasa betona i mera izdržljivosti betona armiranog vlaknima, a pretpostavi debljina kolovoza, pri čemu je prethodno već usvojena/pretpostavljena dispozicija spojnica i određena nosivost podloge. Pored navedenih parametara konstrukcije, potrebno je analizirati opterećenje kolovoza. Za tako definisane parametre sprovodi se proračun koji se svodi na određivanje naprezanja u kolovozu usled kombinacije merodavnih uticaja i kontrole otpornosti na zamor. U zavisnosti od dobijenog razultata postupak se ponavlja varijacijom nekog od parametara konstrukcije kolovoza, najčešće debljine i mere izdržljivosti ili dispozicije spojnica. Kad krajnji rezultat zadovolji kriterijume, smatra se da je dokazana nosivost pretpostavljene konstrukcije.

3.2. Dozvoljeni napon savijanja u betonskom kolovozu armiranim vlaknima

Nosivost betonskih ploča armiranih makro vlaknima zasniva se na pretpostavci da je kruto plastična ploča oslonjena na elastičnu podlogu. S druge strane, proračun betonskog kolovoza zasnovan je na pretpostavkama lineranog ponašanja i podloge i ploče, te je uveden termin ekvivalentne čvrstoće na savijanje betona $f_{e,\Delta}$, koja plastičnost, odnosno izdržljivost, betona sa vlaknima prevodi u kvazi elastičan parametar, čime je omogućena primena postojećih procedura proračuna. Ekvivalentna čvrstoća na savijanje betona sa makro vlaknima određuje se iz $f_d = f_{ct}(1 + \frac{R_{e,3}}{100})$, gde je f_{d} –projektovana čvrstoća na zatezanje, f_{ct} – čvrstoća na zatezanje betona bez vlakana (dobijena po klasičnom standardu za beton), $R_{e,a}$ – mera izdržljivosti (dobijena po Japanskom standardu za beton sa vlaknima)

3.3. Opterećnje kolovoza

Za dimenzionisanje betonskih kolovoznih konstrukcija potrebno je analizirati opterećenje od vozila i temperaturne razlike gornje i donje ivice kolvoza, uz uvažavanje akumuliranih napona nastalih usled trenjem sprečenog skupljanja u procesu hidratacije betona. Savremen pristup projektovanja betonskih kolovoznih konstrukcija podrazumeva sofisticiran proračun otpornosti na zamor od simultanog dejstva navedenih opterećenja analiziranih kroz pun spektra dejstava. Ovo podrazumeva obimna istraživanja i analitiku saobraćajnog i temperaturnog opterećenja za predmetni kolovoz.



Slika 8 levo*: Približna raspodela momenata savijanja za opterećenje unutra panela*
Izvor: Concrete industrial floors – a gide to design and construction, Technical report no.34, Concrete society
Slika 8 desno*: Naprezanje u ploči od temperature i točka*
Izvor: Mechanical design of cocncrete pavement, S.Santhosi Kumar, T.Srinivas, K.Suresh & Prof. B.B.Pandey)

3.3.1. Saobraćajno opterećenje

Analiza saobraćajnog opterećenja može biti po principima konstantnog sabraćaja, konstatnog vozila ili potpunog spektra. Prva dva principa fiksiraju jedan kritetrijum, a računaju drugi, npr. kao kod određivanja broja prelaza ekvivelentne standardne osovine (ESAL) u odnosu na stvarno saobraćajno opterećenje. Za proračun betonskih kolovoznih konstrukcija najvažniji kriterijum je otpornost na zamor koja se kontroliše primenom principa kumulativnog oštećenja od cikličnog opterećenja različitih naponskih nivoa. Takva analiza zahteva što preciznije podatke o intenzitetu, rasporedu i broju prelaza vozila, odnosno osovina. Uprošćenim proračunom, primenom opterećenja ESAL može se dobiti disperzija rezultata otpornosti na zamor i do 300% što je nezadovoljavajuće za kapitalne projekte poput saobraćajnica.

U skladu sa navedenim, potrebno je analizirati pun spektar saobraćajnog opterećenja i definisati sledeće parametre:

I. obim saobraćaja i mesečna raspodela;
II. raspodela vozila po klasama (jedna, tandem ili tridem osovine sa jednim ili više točkova na svakoj strani osovine prema težinskim kategorijama);
III. časovna raspodela kamionskog saobraćaja;
IV. faktor rasta saobraćaja;
V. opšti podaci o saobraćaju (srednja pozicija točka, širina saobraćajne trake, broj tipova osovina po klasi kamiona, konfiguracija osovina, putanja točka).

Tako dobijen spektar ukupnog jednogodišnjeg opterećenja treba uvećati za ukupan broj vozila u projektovanom periodu i to za procenjen porast saobraćaja, prema poznatim formulama:

$$w_i = R_s * R_t * w_{i0}\left(\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right) * 365$$ gde je

w_i – ukupan broj prelaza osovine klase “i” tokom projektovanog perioda za traku koja se projektuje
w_0 – prosečni broj prelaza osovine klase “i” tokom jednog dana
R_s – distribucioni faktor po smerovima (obično 50% sa mogućnošću korekcije u specifičnim slučajevima)
R_t – distribucioni faktor po trakama u istom smeru (preporučene vrednosti: za 1 traku 100%; za 2 trake 80-100%; za 3 trake 60-80%, za 4 trake 50-75%)
r – prosečna godišnja stopa rasta saobraćaja
n – projektni period

Podela po kategorijama vozila treba da bude takva da prikaže sva reprezentativna vozila, a finoća podele po satima može da se koriguje vodeći računa da se obuhvate periodi ekstremnih temperatura opaženih tokom izrade spektra temperaturnih promena u kolovozu.

3.3.2. Temperaturno opterećenje,

Temperaturna razlika (ΔT) predstavlja razliku u temperaturi gornje i donje ivice kolovoza, uzrokovane temperaturom vazduha, dejstvom sunca, vetra i vlage, gde je konvencijom usvojeno da je pozitivna vrednost u slučaju kada je gornja ivica toplija.
Temperaturna razlika dovodi do krivljenja dilatacionih ploča kolovozne konstrukcije. U slučaju kad je ΔT>0 sredina ploče se izdiže i gubi kontakt sa podlogom, što dovodi do pojave napona zatezanja na donjoj ivici ploče usled sopstvene težine kolovoza. Kada je ΔT<0, krajevi panela se odižu i gube kontakt sa podlogom, te usled dejstva sopstvene težine panela dolazi do napona zatezanja na gornjoj ivici ploče. Navedene promene se dešavaju svakodnevno, zavisno od doba dana (dan ili noć) s tim da im se intenzitet menja tokom godine. S obzirom da su naprezanja od tempraturne razlike često istog reda veličine kao i uticaji od vozila, ne smeju se zanemariti u proračunu. Dejstvo temperaturne razlike je dugotrajno i promenljivo i mora se kombinovati sa opterećenjem od vozila. Kako je opterećenje od vozila definisano kroz spektar vozila i učestalosti ponavljanja tokom dana i godine, neophodno je i temperaturne razlike anlizirati spektralno kako bi se obezbedila kompatiblinost i tačnost proračuna.
Jedna od preporučenih analiza spektra temperaturne razlike prikazuje temeraturnu razliku u šestočasovnom minimumu, šestočasvonom maksimumu i ostatku dana za svaki mesec u godini [1]. Moguće je spektar definisati i drugačije, npr. pun spektar temeraturnih razlika sa % pojavljivanja za svaku vrednost [1]. Bez obzira na metodologiju, treba voditi računa o kompatibilnosti sa spektrom opterećenja od vozila.

3.3.3. Skupljanje

Skupljanje betona, nastalo u procesu hidratacije cementa, odnosno očvršćavanja betona, rezultuje trajnom akumulacijom napona čiji je efekat dugoročan i konstatntan u betonskim konstrukcijama, a analizira se prema poznatim metoda. S obzirom na osetljivost betona na napone zatezanja, nevdeni efekat je potrebno uzeti u razmatranje pri analizi određenih delova kolovozne konstrukcije.

3.4. Naponi u betonskom kolovozu

Naponsko stanje pod uticajem vozila, analizira se primenom rešenja Westergaard-a [12] prema teoriji beskonačne ploče oslonjene na elastični poluprostor. Pretpostavke u Wetergaard-ovoj (1948) teoriji su:

- temelj se ponaša kao sistem opruga
- ostvaren je pun kontakt između podloge i ploče
- sva opterećenja deluju upravno na površinu i sile trenja su zanemarene
- temeljni poluprostor nema krutu podlogu
- ploča je ujednačene debljine i neutralna osa je u sredini deljine
- opterećenje je naneto jednakopodeljeno preko kružne kontaktne površine
- betonska ploča je beskonačna homogena izotropna elastična bez diskontinuiteta

Bez obzira na ograničenja koja su uslovljena navedenim pretpostavkama i uprošćenjima, Westergaard-ove jednačine su i dalje u širokoj upotrebi, a imaju i ulogu kontrolnog modela za nove tehnike i modele proračuna. Razna istraživanje su posvećena verifkaciji i poboljašanju originalnih rešenja. Za dalji proračun izabrano je korigovano anlitičko rešenje Westrgaard-ovih jednačina prema Ioannides-u (1987) [12]

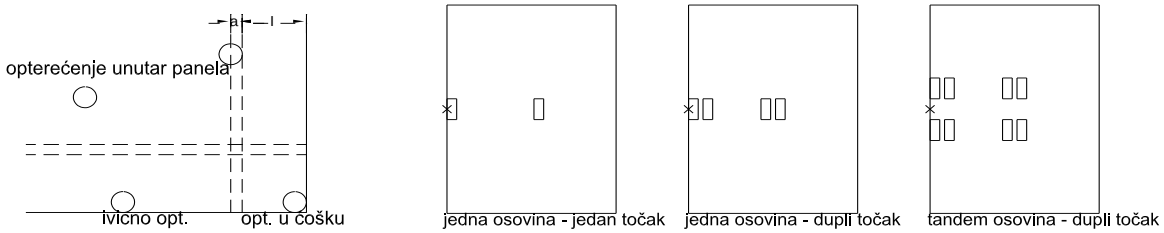
3.4.1. Napon od vozila

U svojoj teoriji, Westergaard je uveo pojam poluprečnika relativne krutosti sistema kolovoza i podloge (*l*)

$$l = \left(\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)k}\right)^{0.25}$$

gde je: *E* – moduo elastičnosti betona [GPa]
v – Poasonov koeficijent betona
h – debljina betonskog kolovoza [m]
k – moduo reakcije podloge [kN/m3]

Za dejstvo sile P, na kružnoj površini poluprečnika r_o, Westergaard i njegovi sledbenici (Ioannides) dali su zatvorena anlitička rešenja za tri osnovna položaja opterećenja u odnosu na dilatacionu ploču, kao i uticaj većeg broja točkova



Slika 9 levo: *Definicija polžaja opterećenja*
Izvor: Concrete industrial floors – a gide to design and construction, Tech. report no. 34, Concrete society
Slika 9 desno: *Položaj (x) najvećeg napona od tipskih osovina u kolovozu*
Izvor: Mechanical design of cocncrete pavement, S.S. Kumar, T.Srinivas, K.Suresh & Prof. B.B.Pandey)

Potrebno je prvo odrediti ekvivalentni polupreč nik opterećne površine i to:

- za jedan točak $a_{ekv} = \sqrt{1.6r_0 + h^2} - 0.675h$ za $r_0 < 1.724h$, odnosno
  $a_{ekv} = r_0$ za $r_0 \geq 1.724h$
  gde je r_0 – stvarni ili zamenjujući polupreč nik opterećene površine
- za dva točka

$$a_{ek} = a[0.909 + 0.339485\frac{S}{a} + 0.103946\frac{a}{l} - 0.017881(\frac{S}{a})^2 - 0.045229(\frac{S}{a})^2\frac{a}{l} + 0.000436(\frac{S}{a})^3 - 0.301805\frac{S}{a}(\frac{a}{l})^3 + 0.034664(\frac{S}{a})^2(\frac{a}{l})^2 + 0.001(\frac{S}{a})^3\frac{a}{l}]$$

gde je: S – osovinski razmak dva susedna točka,
a – ekvivalnetni polupreč nik za pojedinač ni točak
formula važi za $0 < S/a < 20$ i $0.05 < a/l < 0.5$ Salsilli (1991) [1]

- za tandem osovine

$$a_{ek} = a[2.199479 + 0.74761 * \ln(t/a)\ln(a/l) + 0.548071 * \ln^2(t/a) - 0.486597 * \ln^2(t/a)\ln(a/l) - 0.29507 * \ln^3(t/a) - 0.028116 * \ln^3(a/l)]$$

gde je: t razmak tandem osovine
formula važi za $4 \leq t/a \leq 16$ i $0.05 \leq a/l \leq 0.3$

Napon unutar panela na rastojanju većem od *l* od ivice ploče je:

$$\sigma_{west} = \frac{3(1+\nu)P}{2\pi h^2}[\ln\frac{l}{a_{ekv}} + 0.6159]$$

Ivični napon na rastojanju *l* od ćoška

$$\sigma_{west} = \frac{3(1+\nu)P}{\pi(3+\nu)h^2}[\ln\frac{Eh^3}{100k\ a_{ekv}^4} + 1.84 - \frac{4\nu}{3} + \frac{1-\nu}{2} + 1.18(1+2\nu)\frac{a_{ek}}{l}]$$ važi za dužinu ploče L > 5*l*

Napon u uglu ploče

$$\sigma_{west} = \frac{3P}{h^2}[1 - (\frac{a_{ekv}\sqrt{2}}{l})^{0.6}]$$

3.4.1.2. Korekcioni faktori za napon od vozila

Teorijske napone po formulama Westergaard-a treba korigovati sa faktorima koji uvode efekte realnih konačnih dimenzija ploče, kohezione veze sa podlogom i uticaje monolitne bankine (ako postoji).

Korekcioni faktor dužine ploče $f_1 = [0.582282 - 0.533078\frac{a_{ek}}{l} + 0.181706\frac{L}{l} - 0.019824(\frac{L}{l})^2 + 0.109051\frac{a_{ek}}{l}\frac{L}{l}] \leq 1$

važi za $3 \leq L/l \leq 5$ (za vrednosti preko 5 vrednost faktora je 1) i $0.05 \leq a_{ek}/l \leq 0.3$

Faktor podloge (f_2) daje mogućnost redukcije napona u ploči usled uticaja kohezije podloge, ukoliko je takva projektovana. U slučajevima kada nema kohezije između podloge i kolovoza, faktor $f_2=1$. Uticaji vezanih podloga neće biti dalje razmatran u okviru rada. Za proračun faktora kohezije videti rad Ioannides-a (1992) [13]

Naponi na slobodnoj ivici betonske ploče su, u najvećem broju slučajeva, kritični za proračun debljine kolovoza. Ukoliko je projektovana betonska bankina, njenom monolitizacijom sa kolovozom (ako je praktično moguće) ivica kolovozne konstrukcije se "udaljava" od kritičnog točka, te sračunate napone treba redukovati na vrednosti na odstojanju D od slobodne ivice, i to preko faktora postojanja bankine (f_3)

$$f_3 = [0.454147 + 0.013211\frac{l}{D} + 0.386201\frac{a_{ekv}}{D} - 0.24565(\frac{a_{ekv}}{D})^2 + 0.053891(\frac{a_{ek}}{D})^3]$$

gde je D rastojanje od spoljne ivice točka do spoljne ivice monlitne bankine.
Formula važi za 0.125 < (D/l) < 3 i 0.05 < a_{ekv}/l < 0.3. Ako nema monolitne bankine ili nisu ispunjeni dati uslovi u proračunu se uzima vrednost faktora 1.

3.4.2. Napon od temperaturnih uticaja

Temperaturna raspodela kroz debljinu ploče nije linerana, već neravnomerna i parabolična. Razna istraživanja su sprovedena i usvojen je sledeći algoritam za proračun napona usled temepraturne razlike.

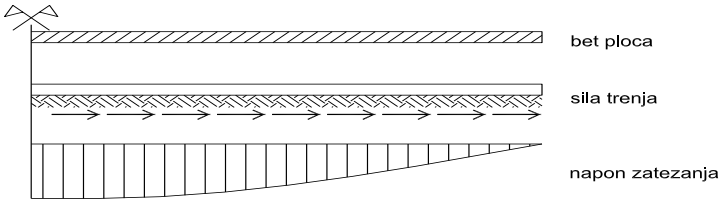
$$\sigma_T = \frac{C * E * \alpha * \Delta t}{2} \qquad C = 1 - (\frac{2\cos(\lambda)\cosh(\lambda)}{\sin(2\lambda) + \sinh(2\lambda)})(\tan(\lambda) + \frac{\sinh(\lambda)}{\cosh(\lambda)})$$

$$\lambda = \frac{L}{l_s\sqrt{8}}; \quad l_s = (\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)k_s})^{0.25}$$

gde je: C – koeficijent dužine ploče
α – koeficijent termalne ekspanzije
Δt – temperaturna razlika gornje i donje ivice ploče

3.4.3. Napon od skupljanja

Usled procesa hidratacije cementne paste dolazi do gubitka vode i skupljanje betona. U slučajevima kada je pomeranje elementa usled skupljanja sprečeno dolazi do pojave napona zatezanja u betonskim elementima. Betonski kolovozi armrani vlaknima projektuju se sa kontrakcionim dilatacijama (spojnicama) u kojima nije sprečeno pomeranje dilatacionog panela u pravcu upravnom na spojnicu. Uz ispunjenje navedenog uslova, pomeranju od skupljanja se suprotstavlja trenje dilatacionog panela o podlogu usled sopstvene težine kolovoza.



Slika 10: *Naponi usled tenjem sprečenog skupljanja*
Izvor: Kolovozne konstrukcije, Aleksandar Cvetanović, Borivoje Banić

Usled navedenog efekta javljaju se naponi zatezanja u betonu koji ostaju akumulirani u čitavom životnom veku konstrukcije ili do pojave prslina i posledično relaksacije. S obzirom da je proračun kolovozne konstrukcije zasnovan na kriterijumu sprečavanja pojave prslina, akumulirani naponi se moraju uzeti u obzir prilikom dimenzinisanja. Pod pretpostavkom da su ispunjeni uslovi slobodnih krajeva ploča, gde su pomeranja od skupljanja najveća, akumulacija napona od trenja raste ka sredini ploče.

$$\sigma_s = \frac{\gamma_b L \mu}{2}$$

gde je: σ_s – napon skupljanja u sredini ploče
γ_b – zapreminska težina betona
L – dužina dilatacionog panela
μ – koeficijent trenja betonskog kolovoza o podlogu koji je u rasponu 0,6-3,0

Na ivicama ploče napon od skupljanja je jednak 0. Tačna raspodela napona skupljnja od ivice ka sredini nije usaglašena među istraživačima, s tim da je utvrđeno da maksimalnu vrednost dostiže pre sredine dilatacionog panela. Preporuka autora je da se usvoji puna moblizacija napona na srednjoj trećini ploče, a da se ka ivicama izračuna iz linearne interpolacije. Ovakav uprošćen pristup daje konzervativne rezultate.

3.4.4. Ukupan napon

Opterećenja od vozila i temperature deluju zajedno, te se naponi moraju superponirati uzimajući u obzir i akumuliran napon skupljanja. Svetska naučna zajednica je podeljena oko stava u vezi sa superpozicijom napona od vozila i temperature. Naime, usled krivljenja ploče uzrokovane pozitivnom temperaturnom razlikom, ploča gubi kontakt sa podlogom na izvesnoj površini. Navedena činjenica je u suprotnosti sa pretpostavkam Westergaard-ove teroije na osnovu koje su naponi od vozila izračunati, te se nameće zaključak da je realno naponsko stanje drugačije. Stoga je uveden korekcioni faktor superpozicije kojim se množi napon od temperaturne razlike s ciljem uvođenja navedenog efekta. Međutim, s druge strane, brojna

istraživanja i praćenja betonskih kolovoza u eksploataciji su pokazala da su naponi određeni navedenim proračunima veći od realnih usled teorijskih pretpostavki. U nastavku je data formula za ukuponi napon koja uključuje i primenu redukcionog koficijenta ali je za potrebe ovog rada usvojena vrednost redukcionog koficijent R = 1,0 čime je ukupno naponsko stanje izjednačeno sa čistom superpozicijom. Eventulano uvođenje faktora ne utiče na dalju proceduru proračuna, a za određivanje faktora videti radove Salsilli (1991), Zollinger i Barenberg (1994) ili Lee i Darter (1994)

ukupan napon: $\sigma_u = \sigma_{west} * f_1 * f_2 * f_3 + R * \sigma_T + \sigma_s$

3.5. Provera otpornosti na zamor

Kontrola otpornosti na zamor analizira se primenom Miner-ovog pravila o akumuliranom oštećenju od zamora

$$D = \sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{N_i}$$

gde je: D – ukupno akumulirano oštećenje od kompletnog spektra cikličnog opterećenja
n_i – ukupni očekivani broj ponavljanja opterećenja točka za naponski nivo "i" u toku projektnog veka
N_i – je broj ciklusa za naponsko stanje "i" koje kompozit može da podnese

Postoji više formula za proračun maksimalnog broja ponavljanja zadatog nivoa napona pri kriterijumu otpornosti materijala na zamor. Primenom formula drugih autora, dobijeni rezultati se razlikuju jer su emprijske formule razvijene primenom raznoraznih metoda sa drugačijim polaznim pretpostavkama u sprovedenim posmatranjima i eksperimentima.
Autori rada izabrali su primenu rešenja koje je ustanovljeno od strane PCA (Portland Cement Asssociation) na osnovu istraživanja zamora na modelu štapa gde je maksimalni broj ponavljanja definisan kao potpuni lom 5% ispitanih greda (Packard 1973, Packard & Taybaji 1983).

za SR > 0.55 $\log_{10} Nc = \frac{0.97187 - SR}{0.0828}$

za 0.45 < SR < 0.55 $Nc = \left(\frac{4.2577}{SR - 0.43248}\right)^{3.268}$

za SR < 0.45 dozvoljen je neograničen broj ponavljanja opterećenja

gde SR (stress ratio) indeks napona $SR = \frac{\sigma_{total}}{MOR'} = \frac{\sigma_{total}}{f_u}$ (videti *JSCE-SF4 standard*)

Moguća je primena i drugih modela proračuna maksimalnog broja ponavljanja cikličnog opterećnja za određeni nivo napona. Ni ovde naučna zajednica nije jedinstvena po pitanju najrealnijeg izbora. Potrebno je istaknuti da su do sada priznati postupci za proračun otkaza na zamor dobijeni emprijskim putem na uzorcima od klasičnog betona. Kompozit poput betona armiranog čeličnim vlaknima se neće ponašati identično nearmiranom betonu. Brojna istraživanja su pokazala da betoni armirani vlaknima u uobičajnim količinama imaju poboljšanu otpornost na zamor, odnosno za beskonačan broj ponavljanja naponski nivo je u opsegu od 65% do čak 90% od dopuštenog napona (neki preporičuju 70% za proračun) što je daleko više od približno 50% koliko je kod klasičnih betona. Navedeno poboljšanje nije obuhvaćeno prikazanim načinom proračuna pa se isti može smatrati konzervativnim.
Nakon određivanja dozvoljenog broja ponavljanja određuje se nivo oštećenja usled zamora. Za svaki od izračunatih nivoa i indeksa opterećenja izračunava se procenat ponavljanja u odnosu na dopušteni broj ponavljanja za izabrani indeks napona, a suma sračunatih procenata za sve nivoe indeksa napona predstavlja kumulativno oštećenje usled zamora, čija vrednost mora biti manja od 1,0 (D<1.0). Ukoliko je kumulativno oštećenje usled zamora veće od jedan (D>1.0), pretpostavljena kolovozna kontrukcija nije u stanju da primi projektovano saobraćajno opterećenje i doći će do njenog razaranja. Stoga je potrebno povećati debljinu kolovozne konstrukcije ili kvalitet kolovoznog materijala (meru žilavosti) ili raspored spojnica, a zatim ponoviti kompletan proračun dok se ne utvrdi adekvatna kolovozna konstrukcija.

4. ZAKLJUČAK

Postupak proračuna debljine betonske kolovozne konstrukcije armirane vlaknima zasniva se na iterativnom postupku, gde se kao početni parametri usvoje debljne kolovoza i ekvivalentna čvrstoća na savijanje betonskog kompozita sa vlaknima. Takođe se usvaja i raspored spojnica i mehanizam prenosa opterećenja kroz spojnice. Na osnovu elaborata saobraćajnog i temperaturnog opterećenja proračunavaju se naponi u kolovoznoj konstrukciji i sračunava kumulativno oštećenje usled zamora. Od izuzetnog je značaja definisati pun i precizan spektar opterećenje kako bi proračun bio tačniji i svrsishodniji. U zavisnosti od kvaliteta i

opsega samog spektra opterećenja, potrebno je izabrati reprezentativan koeficijent sigurnosti kojim se uvećava opterećenje osovine, odnosno točka. Iterativni proračun se sprovodi dok polazni parametri ne zadovolje uslov kumulativnog oštećenja usled zamora D<1.0. Naponi zatezanja od sabraćajnog opterećenja su najmanji unutar betonske ploče, približno su duplo veći na slobodnim ivicama a četiri puta na uglovima ploče (u poslednjem slučaju u gornjoj zoni). Uzimajući u obzir uticaj spojnica, slučaj uglova ploče je moguće izbeći, a slobodna ivica može biti pod uticajem bankine, kada se kritični presek može javiti i u sredini ploče. U cilju dostizanja prednosti betona armiranog vlaknima, nepohodno je precizno definisani ključni parametar, odnosno meru izdržljivosti. Prilikom proračuna i propisivanje količine i tipa vlakana za armiranje potrebno je proračun vezati za meru izdržljivosti, kako bi jednoznačno bio određen parametar kvaliteta betona armiranog čeličnim vlaknima. Prilikom izbora vlakana za ugradnju, odabrati tip vlakna i količinu tako da se dobiju parametri $R_{e,3}$, $f_{e,3}$ odnosno $R_{10,30}$,$f_{10,30}$ približno isti projektovanim. U slučaju objekata od značaja i većih količina radova izvršiti prethodna ispitvanja uzoraka betona armiranog čeličnim vlaknima.

Literatura

[1] *Amanda Bordelon, Jeffery Roesler, Jacob Hiller, Mechanistic-empirical design concepts for jointed plain concrete pavements in Illinois, Illinois center for transportation, Research Report ICT-09-052, 2009*

[2] *Aleksandar Cvetanović, Borivoje Banić, Klovozne konstrukcije, Akademska misao, 2007*

[3] *James I. Daniel, Vellore S. Gopalaratnam and others Reported by ACI Committee 544 - State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete Design, 1996*

[4] *Concrete industrial floor - a guide to design and construction, Technical report no. 34 third edition, Concrete society, 2003*

[5] *S.Santosh Kumar, T.Srinivas, K.Suresh & Prof. B.B.Pandey, Mechanistic design of concrete pavement*

[6] *Frank Papworth, Royce Ratcliffe, Peter Norton, Design of steel fiber reinforced concrete slabs on ground and shotcrete linings http://www.concreteflooring.co.za/files/content/docs/norfibre_paper.pdf (april 2014)*

[7] *Johan Soderqvist, Design of concrete pavements – design criteria for plain and lean concrete, TRITA-BKN. Bulletin 87, 2006*

[8] *Patrick Greer, Fiber reinforced concrete, http://www.foundationperformance.org/pastpresentations/Greer_FPAPresSlides-13June12.pdf (april 2014)*

[9] *ASTM 1018 standard*

[10] *JSCE-SF4 standard*

[11] *Luc Lemoyne, Steel fibers reinforced concrete for slabs on ground: from knowledge to application, 2nd Material Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering Montréal, Québec, Canada, June 5-8, 2002*

[12] *A.M.Ionnaides, M.R.Tompson and E.J.Barenberg, Westergaard solutions reconsidered, Transportation research record 1043, p 13-23*

[13] *A.M.Ioannides, R.A.Salsilli, I.Vinding and R.G.Packard, Super-singles: implications for design, Heavy vehicles and roads: technology, safety and policy. Thomas Telford, London, 1992.*

[14] *Frank Papworth, Use of Steel Fibres In Concrete, Presented at The Concrete Institute of Australia, NSW Branch, 1997*

PUTEVI I RIZICI PROUZROKOVANI POPLAVAMA

Mitja Brilly[1], Maruša Špitalar[1], Mojca Šraj[1], Simon Rusjan[1], Andrej Vidmar[1]
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, katedra za splošno hidrotehniko

Rezime:
Analiza žrtava zbog poplava u Sloveniji je pokazala izuzetnu važnost zaštite učesnika u saobraćaju. Sve više je smrtnih slučajeva među vozačima zbog vožnje po putu zahvaćenim poplavom. Vrlo brzo, vozilo na poplavljenom putu počinje da pluta i voda ga nosi sa sobom. Vozilo polako tone sa katastrofalnim posljedicama za vozača i putnike u vozilu. Tako učesnici u saobraćaju predstavljaju 62 % žrtava prilikom poplava u SAD-u.
Analiza uticaja klimatskih promjena na poplave, urađena za sliv reke Save, je pokazala da će poplave sa stogodišnjim povratnim periodom postati ubuduće poplave sa desetogodišnjim povratnim periodom. Poplavljena područja retkih poplava postaće područja sa čestim poplavama. Ova pojava predstavlja izazov i zahtijeva promjenu postojećih rešenja zaštite pri gradnji puteva i mostova. Naime pri pojavi katastrofalnih poplava, ruši se ili oštećuje veliki broj mostova. Mostovi su takođe jedan od uzroka plavljenja područja uzvodno od mosta.
U radu su prikazani rezultati više studija izvedenih u okviru projekata Evropske unije i drugih istraživanja.

Ključne reči: *žrtve poplava, putevi, klimatske promene, mostovi, štete od poplava na putevima*

1. UVOD

Vodotoci su jedna od osnovnih prirodnih pojava koje karakterišu prostor dok su putevi objekti, koje čovek gradi, da bi savladao prostor, osnovni linijski objekti urbanog prostora, a takođe i ruralnih područja. Kao takvi, putevi imaju vanredni uticaj na formiranje površinskog oticanja voda. S druge strane, vodotoci predstavljaju prepreku putevima. Kroz istoriju se razvio zanimljiv odnos između puteva i vodotoka uslovljen raspoloživim sredstvima za izgradnju puteva, njihovom važnošću i karakteristikama vodotoka.

Nekada su bili za puteve važna mesta gde se mogao vodotok pregaziti te tako preći preko vodotoka pri nižim nivoima vode. Kasnije su na istim mestima građeni mostovi ili su mostovi građeni na mestima prirodnih suženja vodotoka. Zbog nižih troškova su mostovi građeni su sa minimalnim rasponima. Izgradnja mostova je danas toliko napredovala, da njihova gradnja sa većim razgonima nije više poseban ekonomski i tehnički poduhvat.

U širem prostoru se putevi više ili manje uspešno izmiču vodotocima, izuzetak su uske doline, koje su oblikovali vodotoci za svoje potrebe i gde poplave ugrožavaju puteve. Ovde su putevi veoma tesno isprepleteni sa režimom voda. Sa druge strane, putevi kao linijski objekti menjaju i usmeravaju tečenje vode, koja se sliva po površini. Tu je pre svega važan uticaj na vodni režim šumskih i seoskih puteva, koji remete prirodnu ravnotežu zemljišta te izazivaju pojave klizišta i pojačavaju eroziju bujica.

U urbanoj sredini, gde je vodotok lišen gotovo celokupnog svog prostora, putevi preuzimaju ulogu vodotoka pri prevođenju većih količina vode. U svakom slučaju je odnos između puteva i vodotoka složen, uslovljen prirodnim karakteristikama te zahtevima društva za bezbedan i brz prevoz.

Katedra za hidrotehniku Univerziteta u Ljubljani je uključena u organizaciju Erasmus Mundus posle diplomskog studija Upravljanja sa rizicima pri poplavama (Flood risk management). Studij organizuje UNESCO IHE univerzitet iz Delfta a sudeluju Univerziteti iz Drezdena, Barcelone i Ljubljane. Dvogodišnji program studija je namenjen kandidatima sa diplomom studija prirodnih i tehničkih nauka.

2 MOSTOVI

Regulacija vodotoka se od davnina pa do kraja dvadesetog veka izvodila tako, da je vodotocima oduziman prostor. Prostor je bio neophodan pre svega za poljoprivredu i urbanizaciju. Uska regulisana korita vodotoka su takođe omogućila izgradnju mostova sa mnogo manjim rasponima, nego što bi to zahtevao prirodan režim vodotoka. Često, mostovi su građeni sa dodatnim sužavanjem korita reke i sa najnižim mogućim visinama konstrukcije. Pri pojavi poplava, takvi mostovi prouzrokuju dodatne hidrauličke otpore toku vode i na većim razdaljinama podižu nivo vode uzvodno od mosta. Pri tome su stubovi mostova izloženi dodatnom opterećenju i eroziji. Posledica je oštećenje ili čak rušenje mostova. Tako je u poplavama Sloveniji, 1990 godine, uništeno 96 i oštećeno 213 mostova (Orožen Adamič 1991). U trenutku kada nivo vode u reci dodirne donju ivicu mosta, počinje prikupljanje drveća i drugih predmeta na konstrukciji, smanjuje se otvor mosta i usporava tok vode. Plivajući predmeti mogu u potpunosti zatvoriti otvor mosta te prouzrokovati prelivanje puta i njegovu eroziju. Kao na primeru mosta u selu Ljubno ob Savinji na reci Ljubnici, pri poplavi

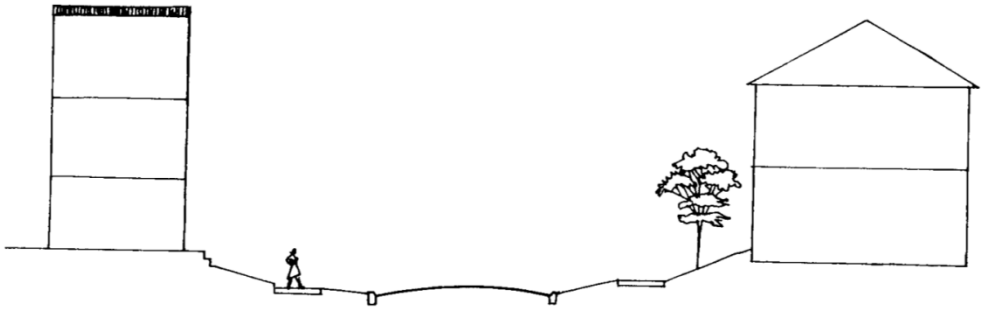
1990 godine. Pri poplavi, krilni zidovi mosta usmeravaju tok vode i mogu prouzrokuju eroziju obala reke nizvodno od mosta.

Kod drvenih mostova, kao i starijih kamenih ili betonskih mostova su problem suviše plitki temelji. Erozija koji se javlja okolo stubova mostova, koja se povećava sa protokom vode, može izazvati podrivanje temelja mosta i njegovo rušenje. Ova opasnost se u poslednje vreme smanjuje zahvaljujući dubokom fundiranju na pilotima.

3 GRADSKI PUTEVI

Putevi u urbanim sredinama često postaju vodotoci prilikom pojava ekstremnih padavina sa dužim povratnim periodom. Kanali za prihvatanje voda sa puteva su projektovani za događaje sa kraćim povratnim periodom (jednu do dve godine) te ne mogu prihvatiti količine vode koja se skupi pri većim padavinama. Problem je u inženjerskoj praksi inspirisanoj nemačkim i drugim standardima Centralne Evrope. U Sloveniji, pod jakim uticajem mediteranske klime, nemački standardi nisu prihvatljivi. Rešetke napravljene od livenog gvožđa na šahtovima nisu u stanju da prihvate celokupnu količinu vode, koju intenzivne padavine donesu na puteve.

Voda se skuplja po putu i teče u pravcu njegovog uzdužnog pada. Ukoliko bi kolovoz bio odgovarajuće projektovan, voda bi tekla u područja izvan naselja ili na zelene površine predviđene za tu namenu, slika 1. U naselju Železniki na reci Sori je narasla voda u naselje došla pre po kolovozu nega po koritu bujice, slika 2. Pogodne lokacije za sakupljanje vode su takođe podvozi i raskrsnice, kao na primer u Ljubljani pri poplavi 2010 godine. Pri pojavi iznimnih padavina, sa stogodišnjim povratnim periodom je Ljubljana prerezana na dva dela sa ne prolaznom železničkom prugom. Saobraćaj je moguć samo preko nadvožnjaka koji su daleko izvan centra grada i područja Kliničkog centra, koji je tako odrezan od većeg dela grada.



Slika 1. Poprečni presek puta je projektovan kao vodotok u slučaju poplava, Brilly i ost,1999.



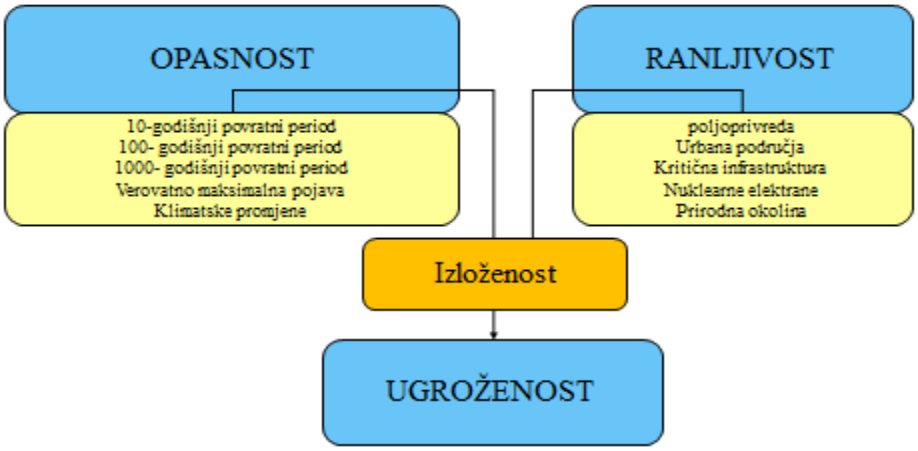
Slika 2. Prelivanje vode sa puta u vodotok u centru grada, Železniki 2007

Posebno je zabrinjavajuće prekrivanje vodotoka zbog korišćenja prostora. Takva praksa ekološki nije primerena jer živa voda nestaje iz okoline, koju bi mogla samo da obogati. Mali potoci se često prekrivaju u za izgradnju parkirališta ili se putevi grade prekrivanjem vodotoka, koji je u tom slučaju delimične ili potpuno prekriven. Kao na primer Trboveljščica u Trbovlju ili mlinski kanali u Domžalama i Tržiču. Zbog smanjenog kapaciteta prekrivenog vodotoka imamo za posledicu poplave i pojavu bujica na putu.

Podizanjem nivoa vode u reci rastu i nivoi podzemne vode, koje plave podvožnjake i niže delove puta te oštećuju gornji stroj puta. Pre svega su tu osetljive asfaltne presvlake.

4 UGROŽENOST ZBOG POPLAVA I PUTEVI

Kada udružimo opasnost i osetljivost dobijamo pregled nad ugroženošću. Moderan pristup naglašava sveobuhvatan tretman opasnosti kao I osetljivosti u svim njihovim dimenzijama, slila 3. Takođe, moramo uzeti u obzir opasnost pojave verovatno najvećih mogućih poplava. Naime, ako područje ili delatnost nisu izloženi pojavu opasnosti sa stogodišnjim povratnim periodom, to još ne znači, da su bezbedni.

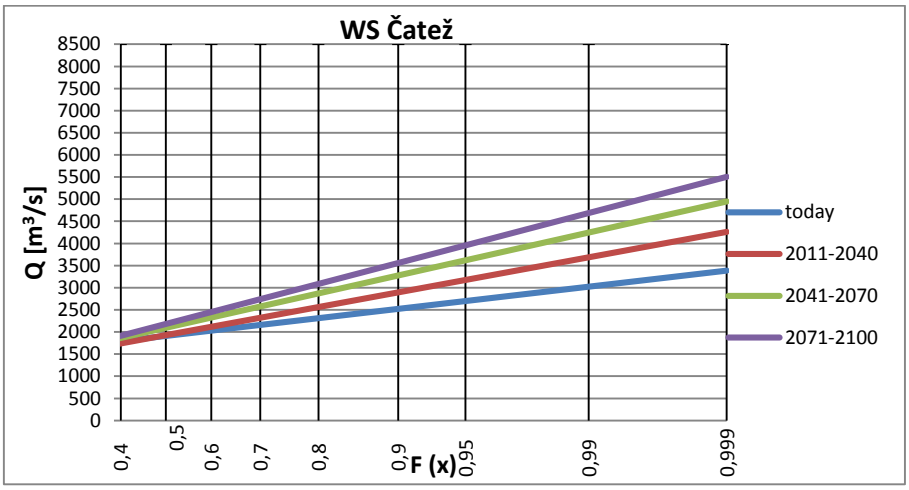


Slika 3 Sveobuhvatna analiza ugroženosti

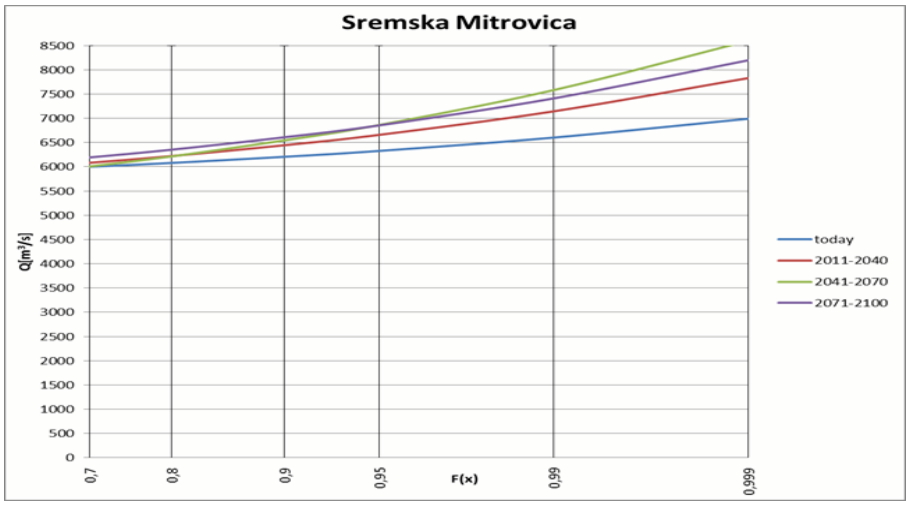
Osjetljivost je ovisna od vrste aktivnosti u prostoru, pre svega je tu ranljiv čovek i njegove djelatnosti. Pri tome analiziramo celokupan širi prostor i pre svega delatnosti pri kojima može doći do žrtva ili štete koja se ne možemo povratiti. Kritična infrastruktura, koja uključuje puteve, je važna jer oštećenje puta pogađa ljude i njihove aktivnosti u širem području izvan neposredno poplavljenih površina.

Kada smo identifikovali opasnost i osetljivost analiziramo izloženost i prepoznajemo ugroženost. Pri ovoj integraciji ne izvodimo samo jednostavno prekrivanje oblasti opasnosti i osetljivosti pomoću geografskih informacionih sistema, već uzimamo u obzir uticaje na širem području. Ograničenja u saobraćaju utiče na šire područje od površine pod opasnošću. Slično tome je i sa snabdevanjem vodom, gasom ili strujom.

U procesu analize ugroženosti, moramo uzeti u obzir dužu vremensku perspektivu. Tako pri određivanju opasnosti uzimamo u obzir uticaj klimatskih promena. Analiza uticaja klimatskih promena na poplave u slivu reke Save je pokazalo, da će poplave so stogodišnjim povratnim periodom postati poplave sa desetogodišnjim povratnim periodom (Brilly, 2013), slika 4. Zbog karakteristika hidrološkog sistema reke Save uticaji klimatskih promena u donjem toku reke dosta manji, slika 5. Pri određivanju osetljivosti, moramo uzeti u obzir budući razvoj, karakteristike aktivnosti i demografske trendove. Osetljivost koju imamo danas na nekom području nije osetljivost koju će oblikovati razvoj u sledećem desetogodišnjem ili stogodišnjem periodu.



Slika 4. Verovatnoća pojave visokih voda na vodomeru Čatež na reci Savi



Slika 5 Verovatnoća pojave visokih voda na vodomeru Sremska Mitrovica na reci Savi

U pronalaženju rešenja obično analiziramo celokupno ugroženo područje bez određene analize pojedinih aktivnosti ili objekata. Savremeni pristup zahteva da se aktivnosti u prostoru, koje su od posebnog značaja analiziraju sa adekvatnom pažnjom. Pre svega tražimo rešenja koja će omogućiti zaštitu bez žrtava. U sledećoj fazi možemo takođe obaviti analizu troškova i koristi. U svakom slučaju, rešenje moramo usaglasiti sa prostornim planiranjem

Analiza uzroka žrtava pri poplavama u Sloveniji, izvedena na Katedri za hidrotehniku pokazala veliki uticaj puteva i saobraćaja na pojavu žrtava, tabela 1. Već je u velikoj poplavi 1933 godine bilo 10 mrtvih usled rušenja mosta na reci Gradaščici. U 2004 godini se pojavila prva žrtva, koja se utopila u vozilu, koje je skliznulo u reku. Fenomen nije nov u svetskim razmerama. Prema podacima o žrtvama poplava u 2011 godini u SAD je uzrok 60% svih žrtava vožnja po poplavljenim putevima, tabela 2. Vozila postaju sve veća, teža i jača što daje vozačima i putnicima utisak lažne sigurnosti. Vozilo potopljeno u vodu se pretvara u plovilo, slike 6 i 7. Sudbina vozača je prepuštena toku reke u trenutku kada voda povlači vozilo sa puta. Vozilo polako uronjava a usled pritiska vode se vrata ne mogu otvoriti. Vozilo je ubrzo uništeno u bujičnom toku reke, gde se šljunak kreče kao zrno peska. Posle nekoliko desetina metara u koritu vodotoka pri poplavi od vozila ostaje samo ne prepoznatljiva olupina, slike 8 i 9.

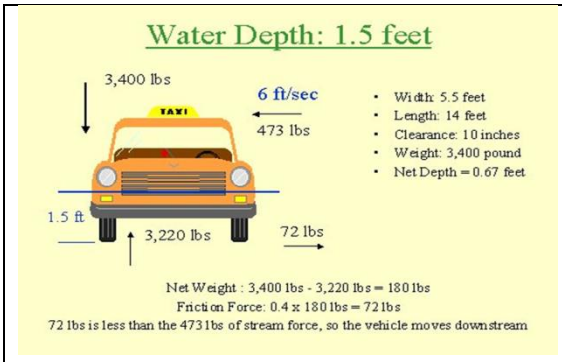
U uputstvima proizvođača automobila nema informacija o dubini vode pri kojoj bi vozilo još ostalo na putu, niti informacija o dubini vode kada vozilo počinje da pluta. U mutnoj vodi se oštećenja puta zbog erozije ne primećuje. Voda brzo odnese asfaltnu oblogu sa puta. Umesto puta imamo pod vodom erodiran kanal po kome teče voda. Vozači nisu upoznati sa ovom vrstom opasnosti. Tokom poplave, saobraćajna policija nije u dovoljnoj meri uključena u zaštitu od poplava te su vozači prepušteni sami sebi.

Tabela 1. Žrtve zbog poplava v Sloveniji

Godina	Žrtve	U saobraćaju	uzrok	% od celokupnog broja
1926	10			
1933	17	10	rušenje mosta	59
1954	21			
1990	2			
1998	2			
2000	7			
2004	1	1	vozilo	100
2007	6	1	vozilo	17
2010	5	3	vozilo	60

Tabela 2. Podaci NOAA o smrtnim žrtvama u SAD
(http://www.nws.noaa.gov/hic/flood_stats/recent_individual_deaths.shtml)

Godina	Broj žrtava	U saobraćaju	% od celokupnog broja
2012	29	16	55
2011	113	68	60
2010	103	50	49



6. osobno vozilo



7. kamionet

Slike 6 in 7. Dubina vode do koje se vozilo može potopiti, Gruntfest E., prezentacija 2005





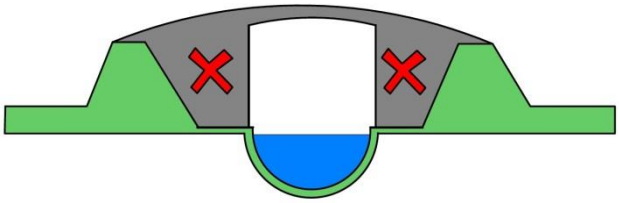
Slike 8 i 9. Ostanci vozila nakon poplava kod Železnika na reci Sori

U proceni štete od poplava u saobraćaju ne smemo zanemariti posredne štete u prometu. Direktnu materijalnu štetu prouzrokovanu erozijom i naslagama sedimenata na kolovozu je relativno lako utvrditi. Indirektnu štetu je teže odrediti. To je šteta koju trpi saobraćaj jer je put zatvoren a obilazni putevi zahtevaju više vremena za vožnju. Posredne štete često prevazilaze direktne štete, ovisno od gustoće prometa.

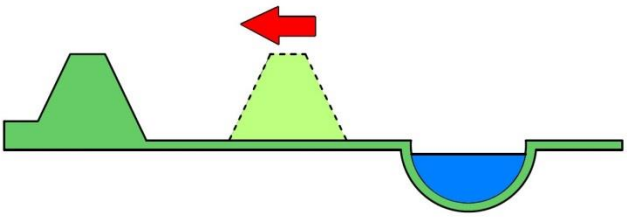
Takođe se pri proceni osetljivosti putevima i saobraćaju ne daje odgovarajuća pažnja. Pri poplavama bezbedan put omogućava rad službi za zaštitu i spašavanje, za medicinsku negu i evakuaciju ugroženog stanovništva.

7 SAVREMENI RAZVOJ UREĐENJA VODOTOKA, ODBRANE OD POPLAVA I GRADNJE PUTEVA

Savremeni razvoj regulacije vodotoka zahteva danas povećanje prostora za vodu ili vraćanje reci bar dela prostora, kojeg je nekada sa svojim režimom upotrebljavala. Značajan evropski projekat u ovoj oblasti je izveden u Holandiji pod nazivom "more room for river". Projekat ima za cilj uklanjanje prepreka, povećanje prostora vodi, produbljivanju korita reke, uklanjanju ili pomeranju nasipa, povećanje akumulacija i pomeranje nasipa, slike 10 i 11. Dodani prostor omogućava reci morfološke oblike koje karakterišu prirodan vodotok.



Slika 10 Uklanjanje prepreka



Slika 11. Pomeranje nasipa

S druge strane povećana osjetljivost urbanih područja zahteva viši stepen njihove zaštite. Razvoj ide u pravcu gradnje tako zvanih super nasipa ili gigantskih nasipa, što je danas već prihvaćena praksa u Japanu, (Hitoshi Nakamura et all, 2013). Pored toga gigantski nasip omogućava bolje korišćenje prostora, jer ne zahtevaju posebne mere i prostor za održavanje.

Putevi zahtevaju veći stepen zaštite od okolnog prostora. Put je osnovna infrastruktura koja omogućava evakuaciju ugroženih stanovnika i drugih dobara, kao i pristup organizovanoj odbrani prilikom intervencije. Veću zaštitu takođe opravdavaju visoki troškovi posrednih šteta usled prekida saobraćaja.

8 PREPORUKE I ZAKLJUČCI

Pri analizi opasnosti od poplava je problem puteva pre svega uklanjanje barijera izazvanih mostovima i projektovanje mostova tako da ne prouzrokuje dodatnu ugroženost, slika10. Mostove treba graditi sa većim rasponima nego što je to današnja praksa. Uzrok nije samo zaštita od poplava, već deregulacije vodotoka u skladu sa Direktivom o politici do voda, koja zahteva postizanje dobrog ekološkog statusa voda morfološko prirodnije oblikovanje korita vodotoka. Vodotoke treba proširiti tako da se omogući bezbedno prevođenje poplava i ekološki prihvatljivu vegetaciju na obalama. Rašireno i na pojedinim mestima deregulisano korito reke mora imati dovoljno dodatnog prostora da bi se mogla slobodno transformisati morfologija reke.

Pri projektovanju mostova moramo uzeti u obzir zadovoljavajuće povećanje visine nad nivoom vode reci za propuštanje drveća i drugih predmeta. Pri tome, moramo uzeti u obzir važnost puta i moguće posledice podizanja nivoa vode u reci. U svakom slučaju moramo povećati kriterijume bezbednosti.

Pri planiranju zaštite od poplava zahtevaju putevi posebnu pažnju zbog svoje osetljivosti važne uloge pri spašavanju i evakuaciji stanovništva. Autoput, na primer, bi trebalo tretirati na sličan način kao nuklearnu elektranu i štiti ga od maksimalnih mogućim pojavama poplava. Regionalni put treba da bude zaštićen od pojava sa hiljadugodišnjim povratnim periodom, bez obzira na to da li prolaze kroz naseljeno područje ili ne naseljen krajolik. Sličan tretman zahteva i druga kritična infrastruktura u prostoru.

Literatura

1 Brilly M. i Mikoš M., 1996, Kriteriji za nadvišanje nad kritične vrednosti gladin vode pri hidravličnem dimenzioniranju nekaterih objektov, Voda in ceste, strokovno posvetovanje, Novo mesto, Slovensko društvo za hidravlične raziskave in Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.

2 Brilly M., Mikoš M. i Šraj M., 1999, Vodne ujme, učbenik Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, ISBN 961-6167-27-8

3 Brilly M., Šraj M., Vidmar A., Primožič M. i Koprivšek M., 2014, Climate change impact on flood hazard in the Sava River Basin, Springer, u tisku

4 Gruntfest E., 2005 prezentacija, lična korespondenca sa autoricom.

5 Hitoshi Nakamura, Takaaki Kato, Yuto Shiozaki, 2013, Super levees along the Arakawa river in Tokyo: Evaluation from the viewpoint of spatial planning in a low-lying area, available at http://icfr2013.ex.ac.uk/papers/A1_Nakamura.pdf

6 Orožen Adamič M. 1991, Škoda ujme 1990 v Sloveniji, Ujma 1991

7 Room for the river, 2006, Safety for four million people in the Dutch delta, Room for the River, available at http://www.ruimtevoorderivier.nl/media/88721/rvdr_corp_brochure_eng__def._.pdf

PROJEKTOVANJE PRETHODNE MEŠAVINE ZA POTREBE IZRADE CEMENTOM STABILIZOVANOG DONJEG NOSEĆEG SLOJA NA AUTOPUTU E80 NIŠ – DIMITROVGRAD

Dušan Panić
Institut za puteve a.d., Kumodraška 257, 11000 Beograd panicdusan@gmail.com

Ivana Radovanović
Holcim (Srbija) d.o.o., 35254 Popovac ivana.radovanovic@holcim.com

Rezime: U radu su data iskustva sa upotrebom cementa klase 32,5 i hidrauličnog veziva za puteve HRB 12,5 pri projektovanju prethodnog sastava cementom stabilizovane mešavine za ugradnju u noseći sloj kolovozne konstrukcije na autoputu E80 Niš - Dimitrovgrad. Urađena su ispitivanja koja su pokazala da se zahtevi za čvrstoćom propisani u Tehničkim uslovima, uz obezbedjenje homogenosti mešavine, mogu postići samo upotrebom veziva HRB 12.5. Ovo vezivo čini stabilizovani sloj manje osetljivim na pojavu pukotina tokom njegove hidratacije i očvršćavanja i samim tim sprečava njihovu pojavu u gornjim slojevima kolovozne konstrukcije.

Ključne reči: *cementna stabilizacija*, *stabilizovana mešavina, HRB 12,5, vezivo za stabilizaciju nosećeg sloja kolovoza*

1. UVOD

Prilikom izgradnje puteva 70-ih i 80-ih godina 20-og veka u bivšoj SFRJ često se koristilo hidraulično vezivo za stabilizaciju nosećeg sloja kolovoza. Vezivo je imalo oznaku HV 25, po tadašnjim propisima za cement. Ovo vezivo za stabilizaciju koristilo se za deonice puta Beograd-Novi Sad-Subotica, veliki deo novog kolovoza autoputa Zagreb-Beograd-Niš i za više novih deonica magistralnih puteva (Novi Sad-Zrenjanin, obilaznica oko Beočina, itd).

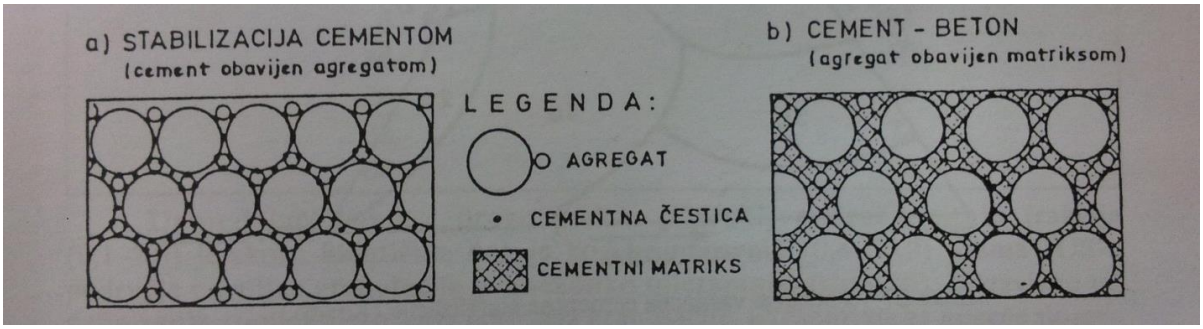
Još tada se pokazalo da je za cementnu stabilizaciju nosećih slojeva kolovoza posebno važno da cement/vezivo koje se koristi bude niske klase čvrstoće. Često se dešavalo da umesto hidrauličnog veziva HV 25, stabilizacija bude urađena sa cementom veće čvrstoće (krajnje ćvrstoće veće od 25 MPa), što se po pravilu manifestovalo pojavom poprečnih pukotina pri vezivanju sloja stabilizacije ili kasnije pri padu temperature. Takve pukotine su se vrlo brzo reflektovale i kroz asfaltne slojeve do površine kolovoza.

U ovom radu su izložena ispitivanja prethodnog sastava mešavine potrebne za izradu stabilizacije donjeg nosećeg sloja kolovozne konstrukcije na autoputu E80 Niš - Dimitrovgrad. Urađena su uporedna ispitivanja sa hidrauličnim vezivom za puteve HRB 12,5 i sa cementom klase 32,5. Sva ispitivanja materijala su izvršena prema važećim SRPS standardima i Tehničkim uslovima JP Putevi Srbije za izgradnju donjeg nosećeg sloja kolovozne konstrukcije, u cilju određivanja optimalnog sastava mešavine.

2. Projektovanje prethodne mešavine za potrebe izrade cementom stabilizovanog donjeg nosećeg sloja na autoputu E80 Niš – Dimitrovgrad

Definicija:
Cementom stabilizovana mešavina predstavlja homogenu mešavinu najčešće drobljenog kamenog agregata sa odgovarajućom količinom cementa/veziva i vode, sabijena do maksimalne zbijenosti.
Iako postoje sličnosti sa betonom kada su u pitanju komponente: cement – voda – agregat, osnovna razlika (Slika 1.) je u sledećem:

- u cementom stabilizovanoj mešavini, čestice agregata obavijaju čestice cementa
- u betonu, čestice agregata (šljunak, pesak, drobljeni kamen) su obavijene česticama cementa, tj. cementnim matriksom.



Slika 1. *Razlika u strukturi stabilizovane mešavine i betona*

Upravo na ovoj činjenici se zasniva uspešno projektovanje mešavine, odnosno određivanje potrebne količine cementa/veziva koja se dodaje agregatu. Sa jedne strane, ta količina cementa/veziva mora da bude optimalna da zrna agregata uspešno obaviju sve čestice cementa i da se obezbedi homogenost mešavine, a sa druge strane da zadovolji zahteve čvrstoće propisane Tehničkim uslovima.

2.1. Projektovanje prethodnog sastava cementom stabilizovane mešavine za potrebe ugradnje u noseći sloj kolovozne konstrukcije na autoputu E80, Niš – Dimitrovgrad

Na osnovu prognoziranog saobraćajnog opterećenja prema Prethodnoj studiji opravdanosti i geotehničkoj dokumentaciji, idejnim projektom analizirana su tri osnovna tipa kolovozne konstrukcije: fleksibilna (asfaltna), polukruta (mešovita) i kruta (cement-betonska) kolovozna konstrukcija. Ekonomskom analizom koja je obuhvatila troškove građenja i troškove održavanja usvojena su rešenja koja se odnose na polukrutu (mešovitu) kolovoznu konstrukciju, odnosno donji noseći sloj kolovozne konstrukcije projektovan je od cementom stabilizovanih materijala.

2.2. Laboratorijska ispitivanja

U Laboratoriji za geomehaniku Instituta za puteve a.d. Beograd, urađena su ispitivanja potrebna za izradu predhodnog sastava mešavine za cementnu stabilizaciju od sledećih materijala:
- drobljeni kameni agregat 0/31,5 mm sa deponije Sasa
- drobljeni kameni agregat 0/63 mm iz kamenoloma Ostrovica

Prilikom projektovanja mešavine za CSDNS korišćene su dve vrste veziva:
- cement klase 32,5
- hidraulično vezivo za puteve HRB 12.5 proizvođača Holcim (Srbija) d.o.o.

Pridržavajući se zahteva propisanih u Tehničkim uslovima JP Puteva Srbije iz 2009. god. i Tehničkih uslova za građenje puteva u Republici Srbiji iz 2012. god., deo Kolovozne konstrukcije - poglavlje 2.4.4, zadatak je bio da se postigne zahtevani kvalitet mešavine. Prema Tehničkim uslovima JP "Putevi Srbije", cementom stabilizovana mešavina mora da zadovolji zahteve koji su prikazani u Tabeli 1.

Tabela 1. *Mehanički zahtevi*

Sloj	Layer	Pritisna čvrstoća stabilizovane mešavine (MPa)	
		Compressive strenght of stabilized mix (Mpa)	
		posle 7 dana / after 7 days	posle 28 dana / after 28 days
Noseći sloj kolovozne konstr. za autoputeve	**Pavement structure sub-base for motorways**	2.0 - 5.5	3.0 - 6.0

U Tabeli 2. preuzetoj iz Tehničkih uslova za građenje puteva u Republici Srbiji iz 2012. god., Kolovozne konstrukcije - poglavlje 2.4.4, su prikazana zahtevana svojstva mešavine za CSDNS u prethodnom sastavu.

Tabela 2. *Svojstva mešavine*

Svojstva	Jedinica mere	Zahtevana vrednost	Postupak ispitivanja
Udeo cementa (informativno)	m.-%	2	-
Čvrstoća na pritisak očvrsle mešavine nakon 7 dana (probni cilindri D = 15 cm, h = 15 cm):			EN 12390-2
prosečno	MN/m^2	**3,5**	-
najviše / najmanje	MN/m^2	4,5 / 2,5	-
Otpornost na mraz / odnos	-	0,7	EN 12390-2

Prilikom projektovanja mešavine najveći izazov je bio odrediti procenatualni udeo cementa/veziva tako da jednoaksijalna čvrsoća mešavine posle 7 dana iznosi ~ 3.5 MPa, a da nakon 28 dana ne pređe vrednost od 6 MPa. Međutim, u jednom slučaju su već sa minimalno mogućim procentom cementa/veziva u mešavini (3 %) dobijene znatno veće vrednosti čvrstoća (na 7 i 28 dana) od dozvoljenih.

Osnovne mehaničke karakteristike korišćenih materijala za izradu prethodnih mešavina:

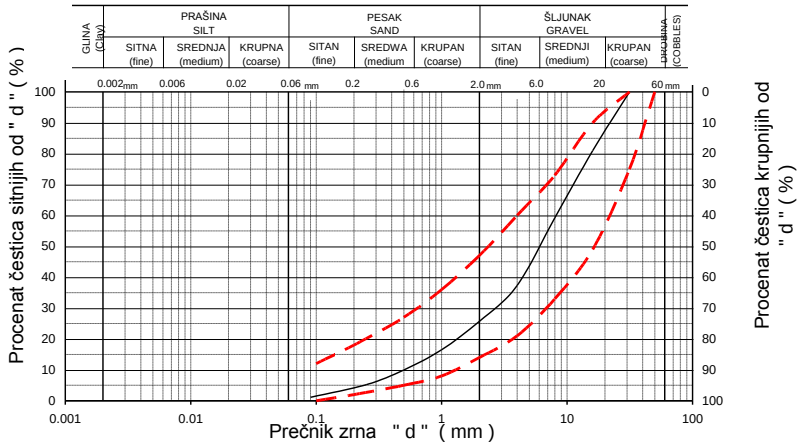
Cement klase 32,5
Čvrstoća nakon 7 dana: 25.4 – 32.7 MPa
Čvrstoća nakon 28 dana: 37.8 – 47.4 MPa

Vezivo za stabilizaciju nosećeg sloja kolovoza HRB 12,5
Čvrstoća nakon 7 dana: 9.3 – 9.7 MPa
Čvrstoća nakon 28 dana: 16.8 – 17.4 MPa

Iz podataka se može videti da hidraulično vezivo za puteve HRB 12,5 nakon 7 dana postiže oko 55% maksimalne čvrstoće, dok cement klase 32,5 nakon 7 dana postiže oko 68 % maksimalne čvrstoće.

2.2.1. Ispitivanje prethodne mesavine sa drobljenim agregatom 0/31,5 mm iz kamenoloma Sasa

Ispitivanje granulometrijskog sastava drobljenog agregata 0/31,5 mm iz kamenoloma Sasa pokazalo je da isti u potpunosti zadovoljava zahteve propisane u Tehničkim uslovima JP Putevi Srbije jer se nalazi u graničnom području za tip B. (Slika 2.)



Slika 2. *Granulometrijska kriva drobljenog agregata 0/31,5 mm iz kamenoloma Sasa*

Određivanje optimalnog sadržaja cementa/veziva vršeno je preko ispitivanja jednoaksijalnih pritisnih čvrstoća probnih tela pripremljenih sa različitim sadržajem cementa/veziva dodatog na suvu težinu drobljenog kamenog agregata, na telima spremljenim pri optimalnoj vlažnosti i modifikovanoj energiji zbijanja. Pritisne čvrstoće ispitane su na probnim telima posle 7 i 28 dana. Probna tela su skladištena u komori sa 90%-100% vlažnosti i temperaturi (20 ± 2 ºC).

Vrednosti pritisnih čvrstoća mešavine od drobljenog agregata 0/31,5 mm iz kamenoloma Sasa sa cementom klase 32,5 prikazane su u Tabeli 3, a sa vezivom za stabilizaciju HRB 12,5 prikazane su u Tabeli 4.

Tabela 3. *Mešavina sa cementom klase 32,5*

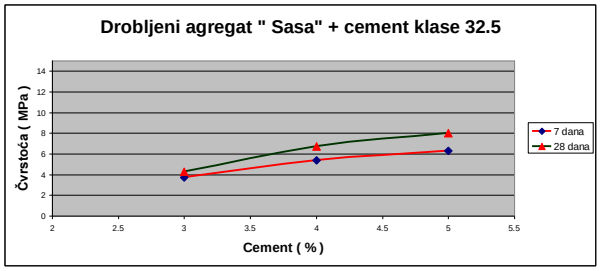
Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3	4.56*	3.75	4.29	4.34
	3.62		4.38	
	3.88		3.4*	
4	5.28	5.38	6.76	6.59
	5.48		6.42	
5	6.36	6.33	8.02	8.02
	6.3			
6			9.02	9.02

Tabela 4. *Mešavina sa HRB 12,5*

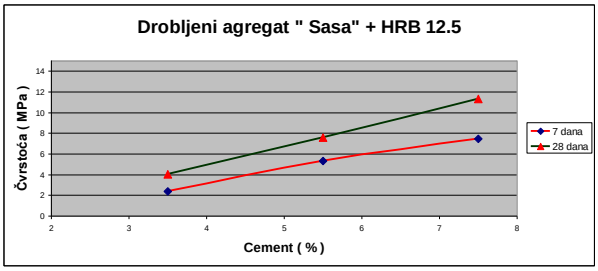
Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3.5	2.40	2.39	4.10	4.05
	2.38		4.00	
5.5	5.10	5.32	7.93	7.61
	5.53		7.28	
7.5	7.77	7.51	11.30	11.30
	7.24			

** Prema Evropskom standardu Hidraulički vezane mešavine EN 14227-1 - poglavlje 6.5, ukoliko vrednost dobijena ispitivanjem za jedan uzorak odstupa do ± 20% od srednje vrednosti druga dva uzorka, tu vrednost treba odbaciti i prihvatiti srednju vrednost ostala dva uzorka.*

Na slikama 3. i 4. prikazani su dijagrami čvrstoća stabilizovanih mešavina sa različitim procentima cementa/veziva.



Slika 3. *Dijagram čvrstoća sa cementom klase 32,5*



Slika 4. *Dijagram čvrstoća sa HRB 12,5*

Na osnovu prethodnih ispitivanja i dobijenih rezultata, urađene su mešavine sa usvojenim procentima: 3 % cementa klase 32,5 u odnosu na suvu težinu i 4.7 % vode, što je prikazano u Tabeli 5, kao i 4.2 % veziva HRB 12,5 u odnosu na suvu težinu i 5.5 % vode, prikazano u Tabeli 6.

Tabela 5. *Optimalni sadržaj cementa klase 32,5*

Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3	-	3.67	4.29	4.37
	3.54		4.44	
	3.8		3.87	

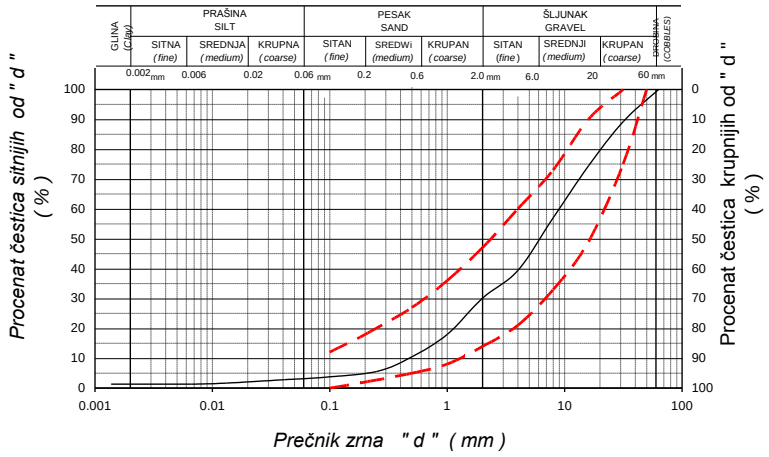
Tabela 6. *Optimalni sadržaj HRB 12,5*

Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
4.2	4.53	4.26	5.82	5.56
	3.98		5.64	
	-		5.23	

2.2.2. Ispitivanje prethodne mesavine sa drobljenim agregatom 0/63 mm iz kamenoloma Ostrovica

Ispitivanje granulometrijskog sastava drobljenog agregata 0/63 mm iz kamenoloma Ostrovica je pokazalo da isti ne zadovoljava u potpunosti zahteve propisane Tehničkim uslovima Javnog preduzeća “Putevi Srbije“ jer u procentu od oko 5 % sadrži zrna krupnija od 50 mm. (Slika 5.)

Pre ugradnje u stabilizovani noseći sloj, potrebno je ukloniti zrna ove krupnoće i onda će se granulometrijski sastav mešavine u potpunosti nalaziti u graničnom području za tip B.



Slika 5. *Granulometrijska kriva drobljenog agregata 0/63 mm iz kamenoloma Ostrovica*

Određivanje optimalnog sadržaja cementa/veziva vršeno je preko jednoaksijalnih pritisnih čvrstoća probnih tela pripremljenih sa različitim sadržajem cementa/veziva dodatog na suvu težinu drobljenog kamenog agregata, na telima spremljenim pri optimalnoj vlažnosti i modifikovanoj energiji zbijanja.

Pritisne čvrstoće ispitane su na probnim telima posle 7 i 28 dana. Probna tela su skladištena u komori sa 90%-100% vlažnosti i temperaturi (20 ± 2 ºC).

Vrednosti pritisnih čvrstoća mešavine od drobljenog agregata 0/63 mm iz kamenoloma Ostrovica sa cementom cementom klase 32,5 i prikazane su u Tabeli 7, a sa vezivom za stabilizaciju HRB 12,5 prikazane su u tabeli 8.

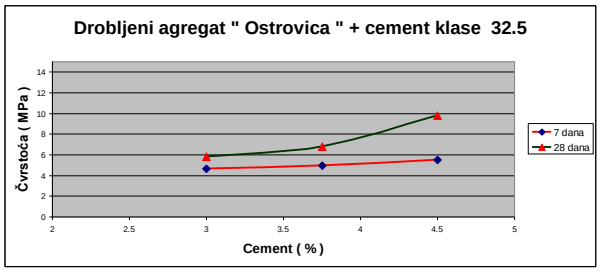
Tabela 7. *Mešavina sa cementom klase 32,5*

Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3	4.97	4.66	5.71	5.80
	3.79		5.89	
	5.22			
3.75	5.59	4.94	6.51	6.81
	4.96		7.11	
	4.27			
4.5	5.31	5.54	9.81	9.81
	5.76			

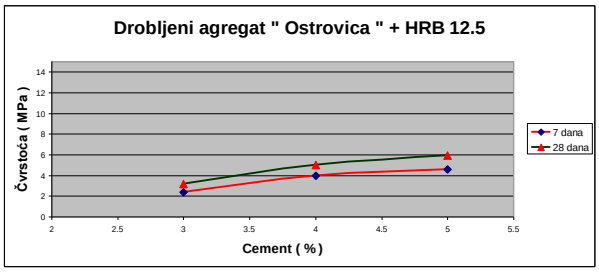
Tabela 8. *Mešavina sa HRB 12,5*

Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3	2.40	2.41	3.03	3.16
	2.10		3.28	
	2.73			
4	3.80	3.96	4.68	4.99
	3.71		5.30	
	4.06			
	4.28			
5	4.35	4.57	6.05	5.95
	4.89		5.85	
	4.47			

Na slikama 5 i 6 prikazani su dijagrami čvrstoća stabilizovanih mešavina sa različitim procentima cementa/veziva.



Slika 5. *Dijagram čvrstoća sa cementom klase 32,5*



Slika 6. *Dijagram čvrstoća sa HRB 12,5*

Na osnovu prethodnih ispitivanja i dobijenih rezultata, urađene su mešavine sa usvojenim procentima: 3 % cementa klase 32,5 u odnosu na suvu težinu i 6 % vode, što je prikazano u Tabeli 9, kao i 3,9 % veziva HRB 12,5 u odnosu na suvu težinu i 5.8 % vode, prikazano u Tabeli 10.

Tabela 9. *Optimalni sadržaj cementa klase 32,5*

Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3	5.09	4.65	5.96	6.11
	4.05		6.31	
	4.81		6.08	
			6.07	

Tabela 10. *Otimalni sadržaj HRB 12,5*

Sadržaj cementa / binder content %	Čvrstoća posle 7 dana / Strenght after 7 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)	Čvrstoća posle 28 dana / Strenght after 28 days (Mpa)	Srednja vrednost / Average values (MPa)
3.9	3.59	3.63	5.13	4.91
	3.66		4.84	
	-		4.76	

Mešavina sa cementom klase 32,5 je sa procentom od 3 % na granici ili preko granice prihvatljivosti što se tiče čvrstoća. Manji procenat nije bilo moguće dodati, jer i Evropski standard EN 14227-1 propisuje da minimalni sadržaj veziva ne može biti manji od minimalnog sadržaja veziva predloženog u Tabeli11.

Tabela 11. *Minimalan sadržaj veziva*

Maximal nominal aggregate size mm	Minimum binder content % (by mass)
> 8.0 - 31.5	3
2.0 - 8.0	4
< 2.0	5

3. Zaključak

Na osnovu obavljenih ispitivanja, moguće je zaključiti sledeće:

- ispitivanje čvrstoće korišćenih cementa/veziva pokazalo je da cement klase 32,5 pored toga što postiže veće čvrstoće na 28 dana, znatno brže postiže i čvrstoće na 7 dana (oko 68% vrednosti maksimalne čvrstoće). Vezivo za stabilizaciju nosećeg sloja kolovoza HRB 12,5 sem nižih krajnjih čvrstoća, na 7 dana dostiže oko 55 % svoje maksimalne čvrstoće.

U cementom stabilizovanoj mešavini koja brzo postiže čvrstoću nakon ugradnje, dolazi do pojave pukotina usled skupljanja tokom perioda nege, koje onda imaju tendenciju da se reflektuju i u gornje slojeve kolovozne konstrukcije. Nasuprot tome, hidraulično vezivo za puteve HRB 12,5 zbog svojih osnovnih karakteristika kao što su manje i sporije razvijanje toplote hidratacije, optimalan početak i kraj vezivanja i zbog optimalnih krajnjih čvrstoća, predstavlja materijal koji zadovoljava sve tehničke zahteve za izradu stabilizovane mešavine. Upotreba ovog veziva smanjuje mogućnost pojave poprečnih pukotina pri vezivanju sloja stabilizacije ili kasnije, pri padu temperature.

- ispitivanje čvrstoća cementom stabilizovane mešavine spremljene sa različitim vrstama i procentima cementa pokazalo je da je postizanje zahtevanih čvrstoća prema Tehničkim uslovima uz obezbeđenje homogenosti mešavine moguće sa upotrebom veziva HRB 12,5 proizvođača Holcim (Srbija) d.o.o.

Takođe, Tehnički uslovi JP Putevi Srbije izričito kažu da sastav mešavine prema predhodnom sastavu mora biti takav da tokom proizvodnje manja odstupanja kvaliteta i udela sastavnih materijala neće bitno uticati na fizičko-mehanička svojstva mešavine, a to u slučaju cementa klase 32,5 ne bi bilo ispunjeno.

Literatura

- Braunović, Dr Predrag, 1991. *Kolovozne konstrukcije od stabilizovanog lokalnog materijala*
- JP Putevi Srbije, 2009. *Tehnički uslovi – Tehnički opis radova na Koridoru 10*
- JP Putevi Srbije, 2012. *Tehnički uslovi za građenje puteva u Republici Srbiji*

SPECIFIKE PROJEKTOVANJA PUTA GRADSKO-PRILEP (R. MAKEDONIJA)

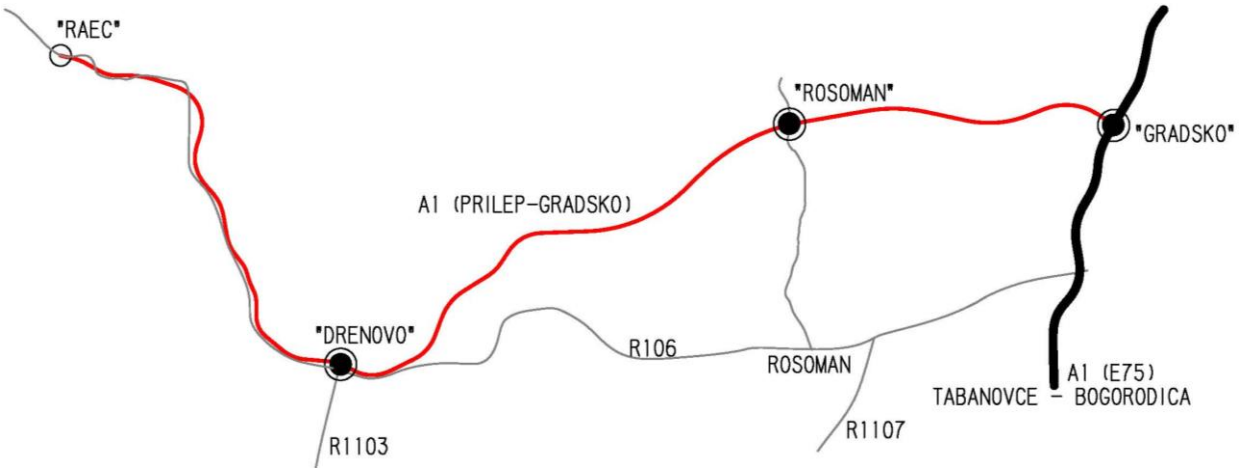
Riste Ristov[1]
[1]*Prostor AD, ul.Moša Pijade br.2, Kumanovo, R. Makedonija, riste.ristov@prostor.mk*
Goran Đorđević[2]
[2]*Prostor AD, ul.Moša Pijade br.2, Kumanovo, R. Makedonija, prostor@t-home.mk*
Tereza Teodosijevska[3]
[3]*Prostor AD, ul.Moša Pijade br.2, Kumanovo, R. Makedonija, prostor@t-home.mk*
Jovan Br. Papić[4]
[4]*Univerzitet „Sv.Kiril i Metodij“, Građevinski fakultet, bul.Partizanski odredi br.24, Skoplje, R. Makedonija, papic@gf.ukim.edu.mk*
Slobodan Ognjenović[5]
[5]*Univerzitet „Sv.Kiril i Metodij“, Građevinski fakultet, bul.Partizanski odredi br.24, Skoplje, R. Makedonija, ognjenovic@gf.ukim.edu.mk*

Rezime: *Jedan od najfrekventnijih putnih pravaca po osi istok-zapad u R. Makedoniji je put Gradsko-Prilep. Duž njega postoji nekoliko težih sektora koji veoma otežavaju saobraćaj, zbog čega je pristupljeno izradi projektne dokumentacije za njegovu rekonstrukciju, ali za dve faze. Naime, planirano je da se u prvoj fazi put projektuje i koristi kao ekspresni, dok bi dalje prerastao u autoput. Deonica započinje sa denivelisanim povezivanjem sa postojećim putem, nastavlja se duž reke Raec kroz Fariška i Drenovsku klisuru, i završava sa petljom Gradsko. Teren kroz koji je vođena trasa odlikuje se izrazitom neravnomernošću, pa se može klasifikovati od izrazito planinskog do ravničarskog, a dodatni ograničavajući faktor je blizina postojećeg puta i uslov da isti bude u upotrebu. Diktirana projektna brzina od 100 km/h navodi na ispruženiju osovinu puta u horizontalnom i vertikalnom smislu što iznuđuje zamašan broj pridružnih građevinskih objekata na trupu puta. Pristup i način projektovanja objekata i petlji po celoj dužini trase biće prikazani u radu.*

Ključne reči: *Put, projekat, rekonstrukcija, objekti, petlje*

1. UVOD

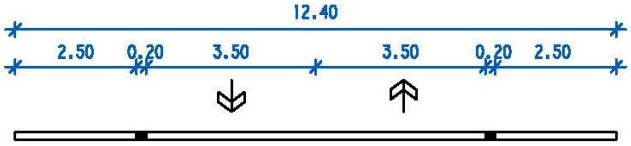
Novoprojektovani putni pravac A1e Gradsko-Prilep predstavlja veoma frekventan put kojim veliki broj opština iz centralne i jugozapadne Makedonije komunicira sa Skopljem, pa ujedno predstavlja i odgovarajući putni koridor R. Makedonije u pravcu istok-zapad. Isti je klasifikovan kao magistralni put kojim bi se odvijao samo motorni saobraćaj brzinom od 100 km/h. Koridor kojim se proteže trasa puta različitih je topografskih karakteristika, a naročito je raznovrsna deonica od Raeca do Gradskog dužine 17 km. Na delu od reke Raec do putne petlje Drenovo teren je mestimično brdovit, a ponegde izrazito planinski, gde se kao karakteristična područja izdvajaju Fariška i Drenovska klisura kroz koje put, uglavnom, prati korito reke Raec. Terenska konfiguracija u klisurama i blizina reke i postojećeg puta nameću potrebu za primenom i izgradnjom većih građevinskih objekata, kao što su tuneli, mostovi, potporni i zaštitni zidovi i sl., omogućavajući da postojeći put paralelno bude u upotrebi. Dalje ka Rosomanu i Gradskom, teren je brdovito-ravničarski, ali se preseca sa regionalnim putevima sa kojima je veza uspostavljena preko denivelisanih petlji. Karakterističniji geometrijski i geotehnički aspekti projektovanja trase i objekata su izloženi u sledećim tačkama.



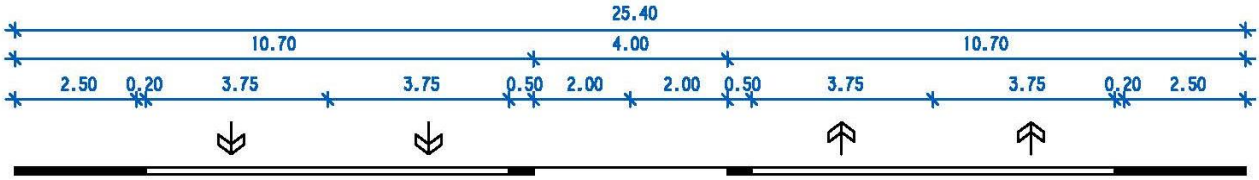
Slika 1. *Trasa puta Gradsko-Prilep sa prikazom putnih petlji*

2. PROFIL PUTA

Putni pravac je predviđen da bude projektovan na nivou ekspresnog puta širine 2x3.5+2x2.7=12,4 m i predstavljao bi I fazu budućeg autoputa (II faza), čija bi ukupna širina iznosila 4x3.75+2x2.7+4.0=25,4 m [2].



Slika 2. *Geometrijski poprečni profil ekspresnog puta*



Slika 3. *Geometrijski poprečni profil autoputa*

Prilikom definisanja horizontalnog i vertikalnog rešenja ekspresnog puta vodilo se računa da isti treba da preraste u autoput, nadogradnjom sa jedne strane, što je izvodljivo na delu trase sa relativno blagim terenskim uslovima. Međutim, zbog velikih razlika u visini terena u delovima Fariške i Drenovske klisure, gde se javlja velika promena padnih linija u uzdužnom i poprečnom pravcu, ne postoji mogućnost da se ovo rešenje primeni na ove delove u budućem periodu. Projektiranje ekspresnog puta širine 12,4 m pri ovakvim terenskim ograničenjima prouzrokovaće veće poteškoće u drugoj fazi, posebno kod objekata na putu. Zbog toga je predloženo da se na ovim potezima odmah izvede i profil autoputa, ali s obzirom da je širina gabarita od 25,4 m velika, nametnulo se rešenje sa reduciranim profilom iz kojeg će biti izuzete trake za zaustavljanje, a sa 4,0 na 1,5 m biće smanjen i pojas razdvajanja. Ovaj profil, širine 17 m, protezao bi se do km 2+500,00, pri čemu bi se traka razdvajanja u delu kod tunela proširila na 8,8 m, radi omogućavanja zaštitne širine među oknima.

3. SITUACIJA I UZDUŽNI PROFIL

Na deonici puta primenjeni su elementi horizontalnog i vertikalnog rešenja za projektnu brzinu od 100 km/h.

Prilikom trasiranja vodilo se maksimalno računa da horizontalno i vertikalno rešenje bude što više prilagođeno osnovnim pravilima projektiranja i terenskim uslovima, iako su Drenovska i Fariška klisura mesta na kojima se ovi principi veoma teško mogu poštovati. Posebno je posvećena pažnja potrebi da se novoprojektovana trasa i trasa postojećeg regionalnog puta ne ukrštaju, a sa ciljem da postojeći put ostane u funkciji kao paralelni put, što dodatno otežava uslove pri određivanju definitivne trase ekspresnog puta. Ove tačke ukrštanja utiču i na definisanje linije nivelete.

Loša konfiguracija terena i blizina rečnog korita reke Raec na deonici do Drenova, ne daje veliku mogućnost za primenu drugih vrednosti elemenata horizontalnog rešenja, sa ciljem da se pravci smanje ili povećaju radi dovođenja u dozvoljene granice. Tačnije, ako se primene drugi elementi horizontalnog rešenja, t.j. ako se pomere temena da bi se zadovoljio uslov, osovina puta bi se bitno promenila, a to bi na određenim mestima dovelo do potrebe da se grade novi objekti, čime bi se značajno povećala dužina predviđenih objekata, dok bi se na određenim mestima značajno povećao obim zemljanih radova [1].

4. PRIMENJENI OBJEKTI NA TRASI PUTA

Ovi ograničavajući elementi nameću potrebu za većim brojem građevinskih objekata. Na nekim delovima trase, a posebno u klisurama gde se pojavljuje prošireni gabarit puta, zbog fizičkog razdvajanja kolovoznih traka na sredini kolovoza postavlja se odbojna ograda tipa New Jersey.

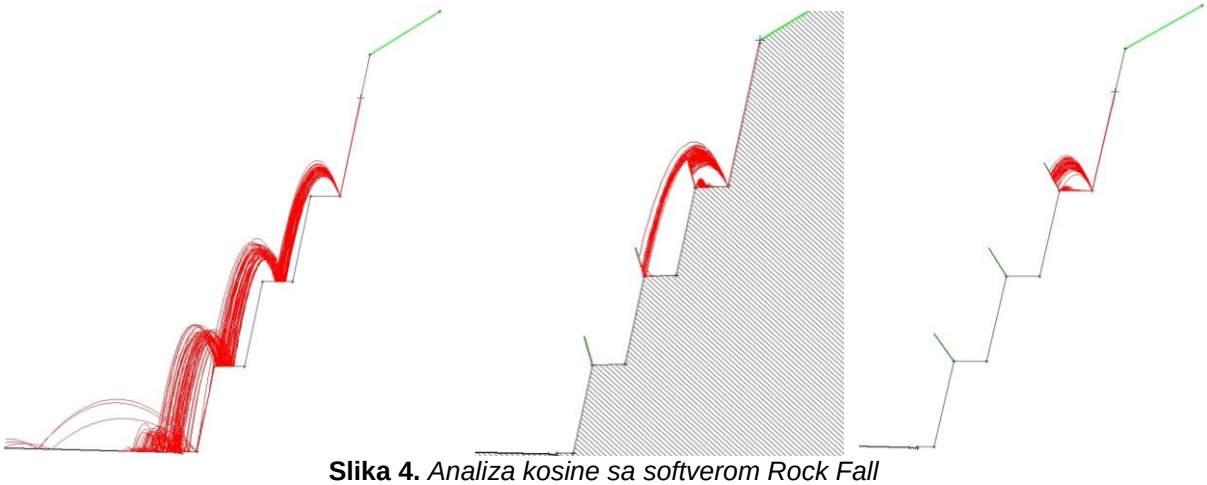
Na mestima na kojima su iskopi viši od 5 m, za zaštitu kolovoza od odrona primenjuju se zidovi visine 1,5 m, postavljeni neposredno posle rigole.

4.1. Osiguravanje kosina

Visina nasipa predstavlja jedan od principa prilikom definisanja nivelete puta gde se vodilo računa da visina po osovini puta ne bude viša od 8-10 m. U najvećem delu trase predviđene su kosine sa naklonom 1:2, pre svega iz estetskih razloga. Na određenim mestima predviđene su kosine naklona 1:1,5 sa ciljem izbegavanja potrebe od dodatnih građevinskih konstrukcija, pri čemu je smanjenje nagiba ujedno u skladu i sa preporučenim u Geomehaničkom elaboratu [3].

„Složena“ konfiguracija terena zahteva primenu viših kosina kod iskopa i zaseka, koji na nekim mestima dostižu visinu i do 30-35 m. U zavisnosti od geotehničkih karakteristika terena, primenjene su različite kosine iskopa, i to nagibom od 2:1 do 5:1. U skladu sa Elaboratom, za kosine u iskopu od 2:1 nisu predviđene berme, dok su na strmijim naklonima primenjene berme visine 8-10 m i širine 3 m. Na osnovu sprovedenih analiza inženjersko-geoloških i geotehničkih karakteristika sredine, procenjeno je da bi se moguće mere za stabilisanje i zaštitu kosina sastojale od primene različitih metoda koji bi se izvodili samostalno ili kombinovano. Tako, predviđeno je pet tipova zaštite koji variraju od lokalnog kavanja nestabilnih blokova do sidrenja potencijalno nestabilnih zona u kombinaciji sa prskanim betonom, armaturnom mrežom i SN ankerima [7].

Prilikom vođenja, na jednoj deonici trasa ekspresnog puta preseca teren sa kojim formira kosinu višu od 45 m. Za nju je napravljena studija procene od rizika, pri čemu je analizirana situacija slobodnog pada kamena težine 0.1 kg. Dalje je razrađeno više varijanata za zaštitu puta od odrona, od kojih je kao najpovoljnija predložena galerija [6].



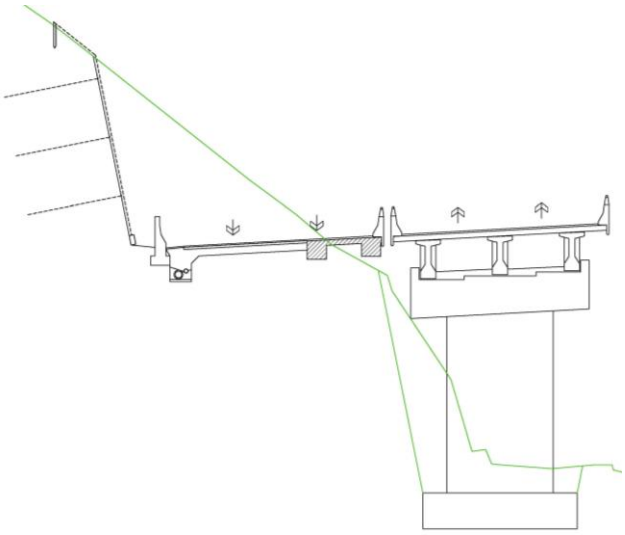
Slika 4. *Analiza kosine sa softverom Rock Fall*

4.2. Mostovske i polumostovske konstrukcije

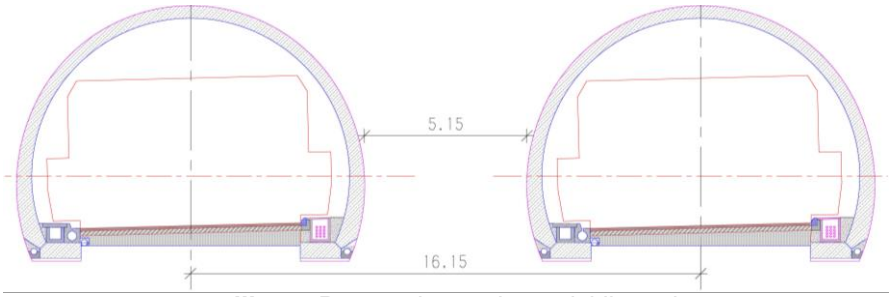
Princip o visini nasipa je uticao na broj i položaj mostova, jer u slučaju pojave mesta gde je visina nasipa veća od 8-10 m, onda su primenjivane mostovske konstrukcije. Tako, u delu Fariške klisure od km 0+706.06 do km 1+311.26 javlja se potreba za gradnjom većeg broja mostova i polumostovskih konstrukcija. Zbog specifičnih terenskih uslova, svi gorenavedeni objekti se nadovezuju jedan na drugi i praktično predstavljaju jednu celinu, pa stoga su i analizirani zajedno [4]. Konstrukcija gornjeg stroja mostova je projektovana kao gredni roštilj sastavljen od 3 montažna glavna prednapregnuta nosača i monolitnih poprečnih nosača i armiranobetonske ploče. Krajnji stubovi, u zavisnosti od visine i terenskih uslova, su ili monolitni armiranobetonski zidovi sa konstantnim presekom ili se sastoje od tri pojedinačna stuba na gornjem delu povezani naležnom gredom. Krilni zidovi su izvedeni kao zidna platna konstantne debljine, a temelj je trakast.

4.3. Tunel

Predviđeno je da tunel ima dva okna, zato što je gabarit puta na ovom delu proširen. U skladu sa uslovima za izvođenje, potrebno je obezbediti minimalno rastojanje od 5 m između dva tunelska okna. Ostale karakteristike su obuhvaćene i detaljnije opisane u [5].



Slika 5. *Poprečni presek polumostovske konstrukcije*



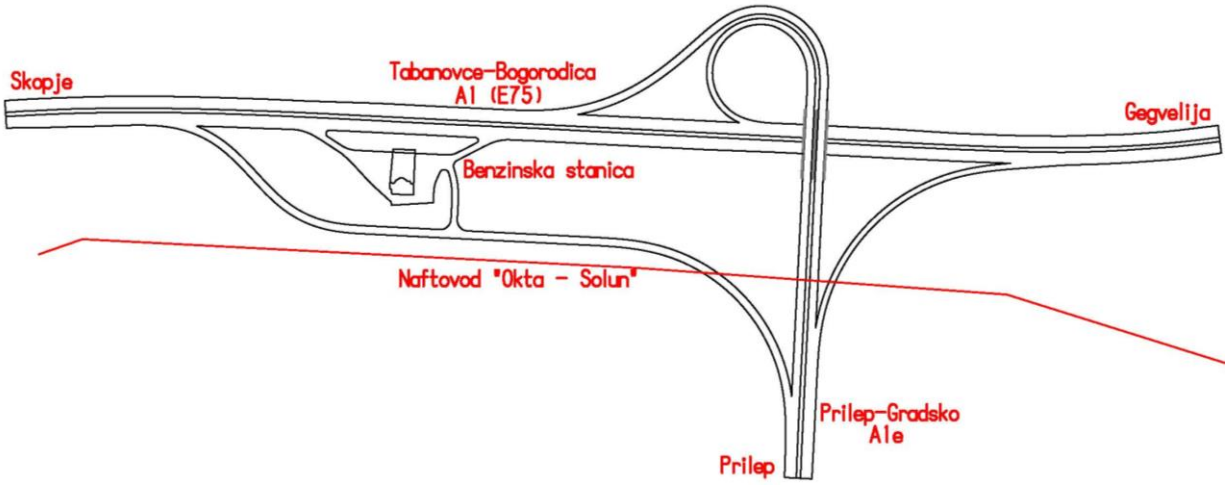
Slika 6. *Poprečni presek tunelskih cevi*

5. PUTNE PETLJE

Povezivanje obližnjih naseljenih mesta sa novoprojektovanim putem A1 omogućeno je denivelisanim putnim petljama postavljenim na Koridoru 10 i na završecima postojećih regionalnih pravaca R1103/R106 i R1107.

5.1. Putna petlja „Gradsko“

Novoprojektovani ekspresni put A1e treba da se spoji sa postojećim autoputem Tabanovce-Đevđelija (A1/E75, Koridor 10). Kao najpovoljnija za postavljanje putne petlje predložena je lokacija na 3 km udaljenosti od postojeće petlje, tačnije između benzinske pumpe i već saniranog klizišta, čime bi ulivno-izlivne trake ulazile u navedene lokacije.

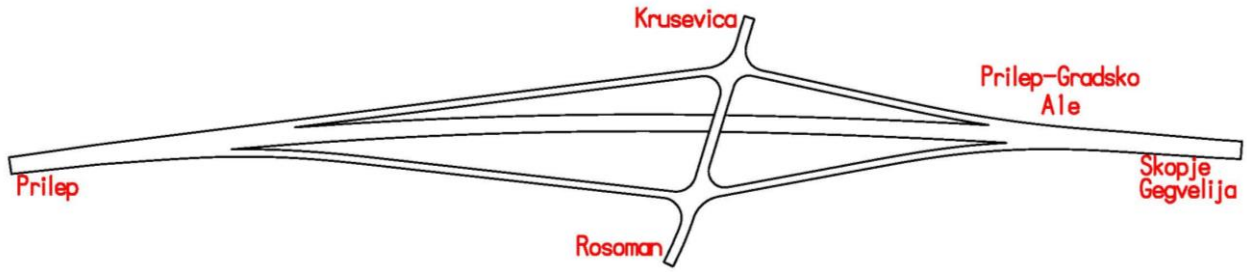


Slika 7. *Denivelisana putna petlja Gradsko*

Blizina benzinske pumpe i direktne rampe 2 zahteva njeno zaobilaženje, pri čemu direktna rampa prelazi u prilagođenu rampu čiste dužine od 660 m. Time je napravljena dislokacija ulivnog dela od rampe, koji se nalazi na dužini od 125 m od klina za ulivanje benzinske pumpe. Zbog velike dužine prilagođene rampe, predviđen je poprečni profil sa dve saobraćajne trake. Takođe, dodatni ograničavajući faktor je naftovod Solun-Skoplje koji direktno utiče na rešenje putne petlje u vertikalnom smislu. Zbog toga je kao rešenje ponuđeno da priključni pravac i direktne rampe 1 i 2 prolaze iznad naftovoda, a da se na mestima preseka sa trasom naftovoda postave zaštitni betonski elementi po celoj dužini.

5.2. Putna petlja „Rosoman“

Povezivanje ekspresne saobraćajnice sa postojećim lokalnim putem ostvareno je pomoću četvorokrake denivelisane raskrsnice sistema „romb“, čiji je tačni položaj diktiran presecanjem novoprojektovanog i postojećeg puta.

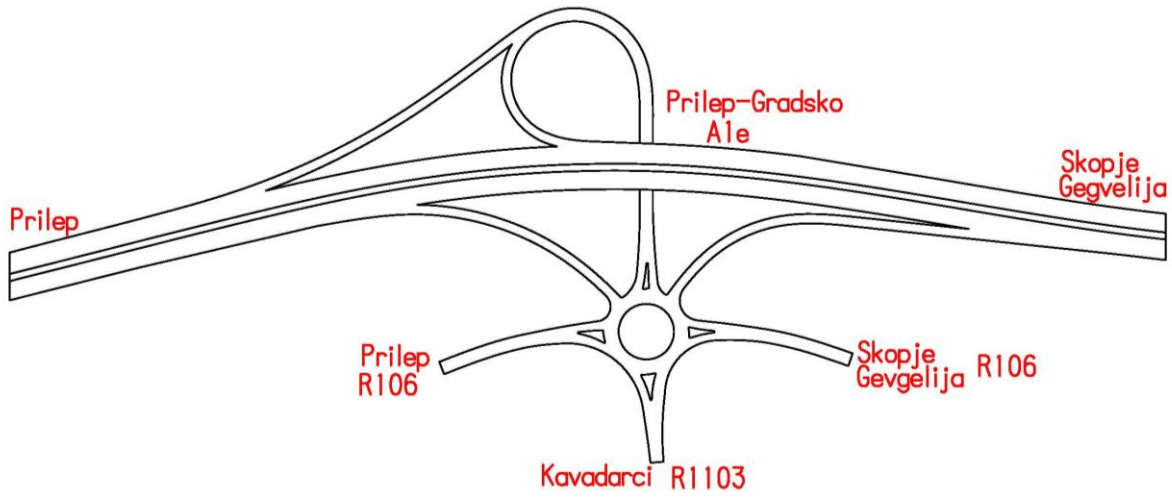


Slika 8. *Denivelisana putna petlja Rosoman*

Pri projektovanju horizontalnih elemenata rampi na putnoj petlji zapažen je rezervisani prostor sa desne strane (za proširenje autoputa), prema čemu je površinska raskrsnica (u pravcu Rosomana) locirana na većem rastojanju u odnosu na suprotnu (sa leve strane, u pravcu Kruševice), čime je narušena simetrija petlje. Prilagođavanje novog autoputa bi se ostvarilo minimalnom korekcijom rampi, koje bi se u drugoj fazi prilepile uzlivno-izlivnim trakama na desnom kolovozu. Niveletska rešenja rampi usaglašena su prema niveleti ekspresnog puta i niveleti lokalnog puta, pri čemu se vodilo računa o ujednačenosti naklona niveleta svih rampi. Uzdužni nakloni rampi kreću se u granicama dozvoljenog, a njihove vrednosti su ispod maksimalnog naklona od 6 %, ali je ovaj maksimalni naklon iskorišten pri vitoperenju rampi oko rubova. Veličina vertikalnih krivina omogućuje da veličine tangenti budu veće ili slične projektnoj brzini samih rampi.

5.3. Putna petlja „Drenovo“

Priključak na putu ka Kavadarcima sa novim autoputem je ostvaren pomoću trokrake denivelisane raskrsnice u obliku „trube“ sa površinski oformljenim kružnim tokom. Petlja sadrži sve vrste rampi i to: dve direktne rampe za skretanje desno i po jednu indirektnu i poludirektnu rampu za skretanje levo. Položaj putne petlje je definisan od priključnog pravca iz Kavadaraca, koji diktira i promenu postojeće trokrake površinske raskrsnice u kružni tok sa šest krakova.



Slika 9. *Denivelisana putna petlja Drenovo*

5.3.1. Putna petlja

Putna petlja je orijentisana prema levoj strani, zbog uzdužnog naklona ekspresnog puta koji opada u tom pravcu, što bi omogućilo lakše savladavanje visinske razlike između dva pravca. Uz ovakvu orijentisanost putne petlje vozila koja saobraćaju iz/prema Gradskom su prinuđena da se kreću po indirektnoj i direktnoj rampi 2, dok bi se vozila koja se kreću iz/prema Prilepu kretala po poludirektnoj i direktnoj rampi 1.

5.3.2. Površinska raskrsnica - kružni tok

Spajanje šest pravaca u jednu tačku zahteva da se površinsko ukrštanje izvede kao kružni tok. Glavni pravci vođeni ka kružnom toku su postojeći regionalni put R106 i regionalni put R1103 i priključni pravac (poludirektna rampa) od putne petlje. Sporedne pravce pri formiranju kružnog toka predstavljaju dve direktne rampe koje se ulivaju, odnosno izlivaju iz ekspresnog puta. Kružni tok je situaciono postavljen na postojećoj površinskoj raskrsnici i uklapa se u postojeća skretanja desno. Dijametar unutrašnjeg kružnog ostrva je definisan proverom prohodnosti za dva teška teretna vozila sa prikolicom, odakle je usvojen minimalni dijametar unutrašnjeg kružnog ostrva, prema kojem je površinska raskrsnica klasifikovana kao mali kružni tok. Pored provere prohodnosti vozila, veličinu kružnog toka diktiraju i dva industrijska objekta i benzinska pumpa, čije se građevinske parcele graniče sa telom postojeće raskrsnice. U odnosu na postojeći teren, kružni tok je podignut za 0,5-1,0 m što obezbeđuje da uzdužni nakloni rampi na putnoj petlji budu u dozvoljenim granicama. Nivelaciono, unutrašnje kružno ostrvo je pozicionisano naklonom od 4 % ka R1103 što omogućuje manju visinu za savladavanje priključnih rampi sa putne petlje, dok je kolovoz koji obuhvata ostrvo oformljen naklonom od 2,5 % prema vanjskoj strani raskrsnice.

6. ZAKLJUČAK

Prilikom trasiranja ekspresnog puta napravljene su varijante za pronalaženje najpovoljnijeg položaja i oblika puta za postojeći teren, ali i za uslov da perspektivno postane autoput, pri čemu je opredeljena i definisana prostorna linija sastavljena od posebnih uzajamno povezanih i potpuno definisanih elemenata. Kao najpovoljnija je usvojena ona trasa za koju su potrebni najmanji troškovi gradnje, održavanja i eksploatacije, što traži veće prilagođavanje trase konfiguraciji terena u situaciji i uzdužnom profilu. U pogledu eksploatacije, povoljni su veći radijusi i manji uzdužni nakloni, ali oni povećavaju troškove izgradnje. Prilikom izbora projektnih elemenata, posvećena je pažnja značaju puta, saobraćajnom opterećenju, strukturi motornih vozila, konfiguraciji terena i postojećih saobraćajnica, što je sve takođe bilo uzeto u obzir i kod projektovanja petlji. Predviđeni građevinski objekti podležu analizama isplatljivosti, na osnovu kojih se potvrđuje njihova opravdanost.

Literatura

[1] Osnovni projekat za putni pravac Prilep - Gradsko, Građevinski deo (trasa), Knjiga br. 3, 2013.
[2] Pravilnik o tehničkim elementima za izgradnju i rekonstrukciju javnih puteva i objekata na putu, Ministarstvo za transport i veze R. Makedonije, 2009
[3] Osnovni projekat za putni pravac Prilep - Gradsko, Elaborat o geotehničkim istraživanjima, Knjiga br. 2, 2013.
[4] Osnovni projekat za putni pravac Prilep - Gradsko, AB mostovske konstrukcije, Knjiga br. 9, 2013.
[5] Osnovni projekat za putni pravac Prilep - Gradsko, Tunel na km 0+630.00, Knjiga br. 10, 2013.
[6] Osnovni projekat za putni pravac Prilep - Gradsko, AB galerija, Knjiga br. 11, 2013.
[7] Ristov R., Papić J.Br., Zafirovski Zl., Ognjenović Sl. (2014). Design of structures for a road on extremely irregular ground, Savremena dostignuća u građevinarstvu, Subotica (prihvaćen rad)

AUTOPUT BAR – BOLJARE, DIONICA SMOKOVAC – MATEŠEVO, OSNOVNE KARAKTERISTIKE I OPREDJELJENJA

Miloš Knežević[1]
Duško Lučić[2]
Jasmina Ćetković[3]
Željka Beljkaš[4]

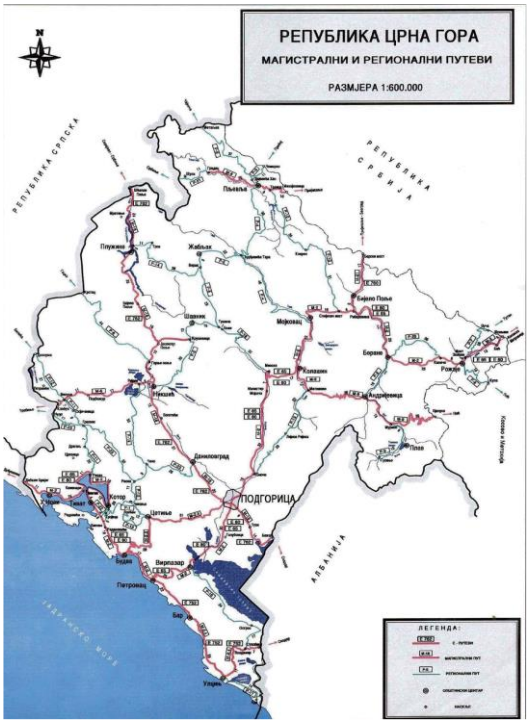
Rezime: *Projekat autoputa Bar – Boljare predstavlja najvažniji prioritet Vlade Crne Gore i jedan je od elemenata naše integracione strategije prema Evropskoj Uniji, koji će omogućiti veću i sigurniju mobilnost ljudi, roba i usluga. Autoput treba da poveže Crnu Goru, od jadranske obale preko glavnog grada Podgorice sa granicom Srbije, a preko Požega-Beograd puta sa TEN-T koridorom X sa Rumunijom i Centralnom Evropom. Istovremeno će bolje povezati glavne regionalne centre Sarajevo (Bosna i Hercegovina), Tirana (Albanija) i Skoplje (Makedonija). Navedene činjenice predstavljaju neke od razloga zbog kojih ovaj projekat ima važnu stratešku ulogu za cijeli Region.*

Ključne reči: *autoput, trasa, Smokovac, Mateševo.*

1. UVOD

Ukupna dužina putne mreže Crne Gore iznosi 6.928 km (846 km magistralnih, 950 km regionalnih i 5.132 km lokalnih puteva). Savremeni kolovoz zastupljen je kod magistralnih puteva 79%, kod regionalnih 37% i kod lokalnih 60%.

Na slici 1 je dat prikaz postojeće putne mreže u Crnoj Gori.

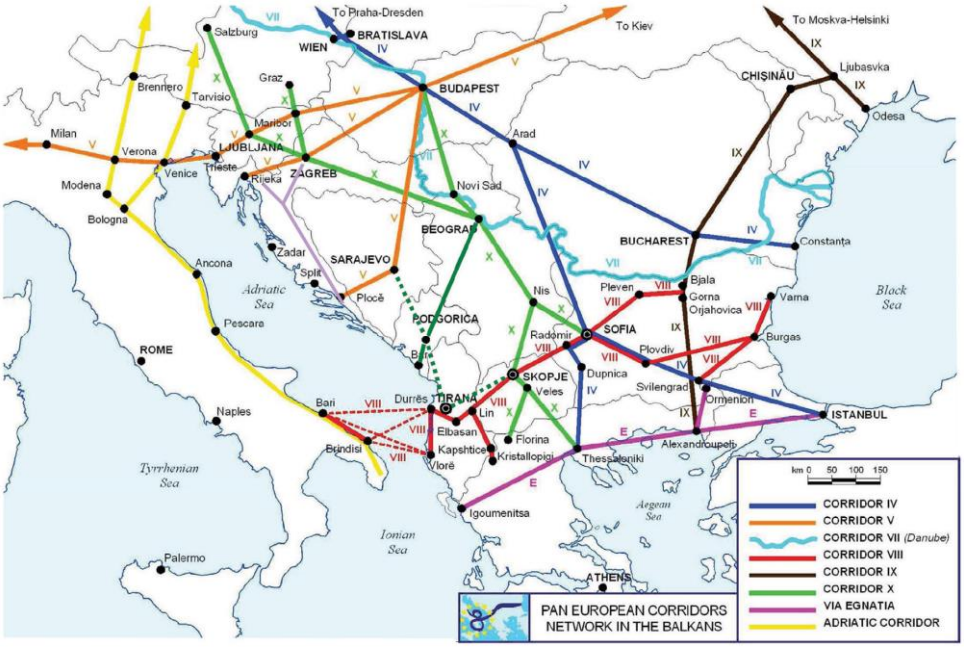


Slika 1. *Karta magistralnih i regionalnih puteva u Crnoj Gori*

[1] Prof. dr, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Cetinjski put b.b.:knezevicmilos@hotmail.com
[2] Prof. dr, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Cetinjski put b.b.:dlucic@t-com.me
[3] Prof. dr, Univerzitet Crne Gore, Ekonomski fakultet, Jovana Tomaševića 37:
[4] Mr, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Cetinjski put b.b.:seka4614@yahoo.com

Imajući u vidu ciljeve razvoja Crne Gore, kao i ulogu koju putna mreža ima u ostvarivanju istih, Prostornim planom Crne Gore definisan je razvojni autoputni koridor Bar – Podgorica (Smokovac) – Mateševo – Andrijevica – Berane – Boljare. Ovaj koncept razvoja podržava pristup prostorne integracije primorskog i sjevernog regiona Crne Gore.

Projekat autoputa Bar – Boljare predstavlja najvažniji prioritet Vlade Crne Gore i jedan je od elemenata naše integracione strategije prema Evropskoj Uniji, koji će omogućiti veću i sigurniju mobilnost ljudi, roba i usluga. Ovom saobraćajnicom najvažnija luka Bar će biti u potpunosti povezana sa ostatkom evropskih koridora i moći će bolje da zadovolji potrebe Kosova* i Srbije, a time i doprinese ekonomskoj i političkoj stabilnosti Zapadnog Balkana. Takođe, ovaj projekat je posebno važan sa aspekta regionalne integracije jug-sjever Crne Gore i uravnoteženijeg ekonomskog razvoja.



Slika 2. *Veze sa evropskim koridorima budućeg crnogorskog autoputa*

Saobraćaj predstavlja jedan od ključnih faktora razvoja regionalne ekonomije i postizanja integracijskih ciljeva zemalja Zapadnog Balkana, i njegov poseban tretman kroz Memorandum o razumijevanju za razvoj osnovne regionalne transportne mreže u jugoistočnoj Evropi (SEETO Memorandum)[1], omogućava vođenje politike, koja konvergira zajedničkoj transportnoj politici u Evropskoj Uniji.

Misija Memoranduma je saradnja na razvoju glavne i pomoćne infrastrukture na multimodalnoj SEETO sveobuhvatnoj mreži (SEETO Comprehensive Network) u jugoistočnoj Evropi i unapriđeđenje politika u ovoj oblasti, u cilju ostvarivanja bržeg progresa u razvoju.

SEETO sveobuhvatna mreža u Crnoj Gori obuhvata četiri putne rute (RUTA 1 – veza sa Republikom Hrvatskom i Bosnom i Hercegovinom, RUTA 2B – veza sa republikom Albanijom i Bosnom i Hercegovinom, RUTA 4 – veza sa Republikom Srbijom i dalje Rumunijom i RUTA 6A – veza sa Kosovom*[5] i Republikom Srbijom), dvije željezničke (RUTA 2, RUTA 4), luku BAR i aerodrome PODGORICU i TIVAT[2].

[5] This designation is without prejudice to position on status, and is in line with UNSCR 1244 and ICJ Advisory opinion on the Kosovo declaration of independence



Slika 3. *Planirani autoputevi u Crnoj Gori*

Pored Prostornog plana Crne Gore zakonski osnov za izradu ovog autoputa dao je i Detaljni prostorni plan autoputa Bar – Boljare.

U ovom radu će biti razmatrana dionica Smokovac – Mateševo na predmetnom autoputu.

Dionicom Smokovac – Mateševo obuhvaćen je prostor dužine oko 41 km i površine definisane planom oko 350 km². Taj prostor administrativno pripada opštinama Podgorica i Kolašin.

Nakon izrade Detaljnog prostornog plana Bar – Boljare za predmetnu dionicu Smokovac – Mateševo urađen je Idejni projekat i to:

• Idejni projekat dionice Smokovac – Uvač i

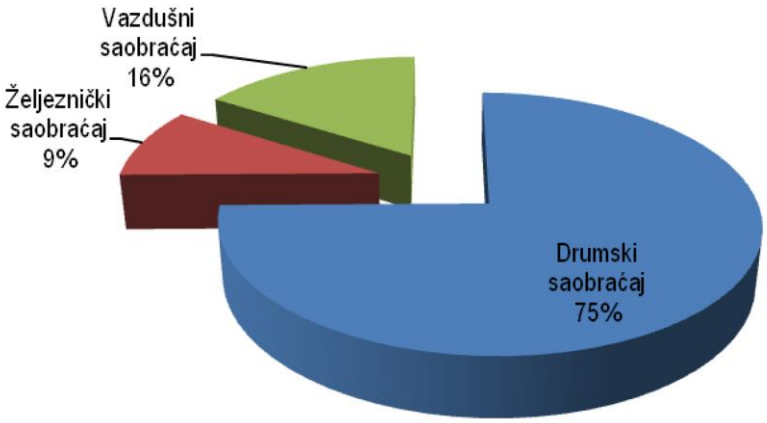
• Idejni projekat dionice Uvač – Mateševo.

Pored navedenih Idejnih projekata izrađena je i dodatna obimna studijska dokumentacija.

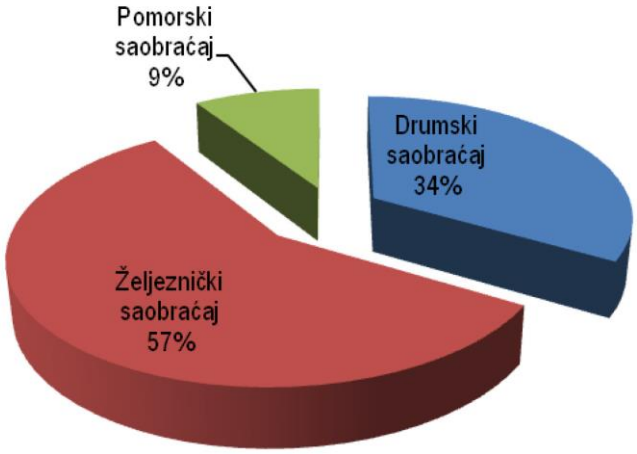
Uz definisanje tehničkih rješenja u Idejnom projektu urađene su opsežne analize svih aspekata za donošenje važnih odluka i zaključaka.

2. ANALIZE SAOBRAĆAJA ZA DIONICU SMOKOVAC – MATEŠEVO

Sadašnje učešće saobraćaja u BDP-u Crne Gore se kreće u evropskim okvirima, i najznačajnije je istaći veliku zastupljenost drumskog saobraćaja u ukupnoj strukturi prevoza putnika i tereta. Na osnovu statističkih podataka MONSTAT-a, za 2012. godinu, učešće drumskog saobraćaja u ukupnoj strukturi prevoza putnika je 74,8 %, a učešće u prevozu tereta 33,4%.[3]



Slika 4. *Struktura prevezenih putnika u 2012. godini*



Slika 5. *Struktura prevezene robe u 2012. godini*

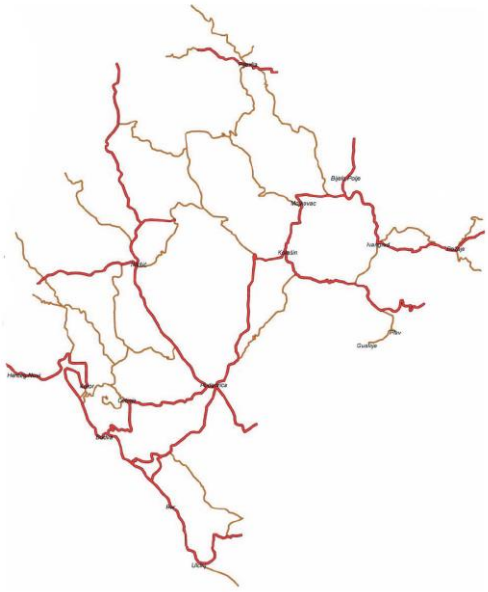
Ciljevi i rezultati analize saobraćajnog sistema imaju značenje u uspostavljanju jednog cjelovitog modela za valorizaciju i procjenu opravdanosti investicije u putnu infrastrukturu. Analiza se sastoji od više interaktivno povezanih koraka koji rezultiraju jednom sveobuhvatnom procjenom tržišno-finansijskih i društveno-ekonomskih koristi od ulaganja u saobraćajnu infrastrukturu.

Analiza saobraćajnih tokva je rađena na bazi studija koje su u prethodnom periodu rađene za potrebe rekonstrukcije postojeće i izgradnje nove putne infrastrukture.

Prilikom analize uzeti su u obzir razvojni planovi Crne Gore definisani Prostornim Planom Crne Gore do 2020. godine.

2.1. Prilagođavanje saobraćajnog modela

Osnovni putni grafik koji je korišćen za pripremu mreže saobraćajnog modela je izvučen iz raspoložive baze podataka: svi primarni i sekundarni putevi su iz te baze.



Slika 6. *Primarni i sekundarni putevi*

2.1.1. Zoniranje

Osnovna jedinica (saobraćajna zona) usvojena implementiranjem sadašnjeg saobraćajnog modela je opština. U Crnoj Gori ima 21 opština i sistem zona kopira ovaj format.

Devet eksternih jedinica (Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija, Kosovo*, Albanija, Slovenija, Bugarska i Rumunija, Makedonija, Evropa) je dodato dvadeset jednoj zoni: uzimajući ovo u obzir, ukupan broj zona je 30.

2.1.2. Model tražnje

Pristup koji je korišćen prati klasičnu metodologiju korišćenu u saobraćajnoj literaturi: makro model dodjeljivanja je kalibrisan sa saobraćajnim podacima koji procjenjuju buduće efekte na planiranu infrastrukturu.

Izabrana matrica polazišta i odredišta sadrži intrazonski dnevni saobraćaj i odnosi se na 2007. godinu. Ukupan zbir putovanja na ovoj matrici je 64.430 vozila po danu.
Dodjeljivanje saobraćajne tražnje putnoj mreži, koje je predstavljeno matricom, praćeno je fazom kalibrisanja rezultata sa brojanjem saobraćaja registrovanim u 2012. i 2013. godini.

Matrica putovanja vozilima je ažurirana prema rezultatima tri tipa mjerenja:

• Scott-Wilson – SEETO trasa 4: priprema investicionog plana za SEETO trasu 4 (Polinde Consulting Engineers) – april 2012. godine

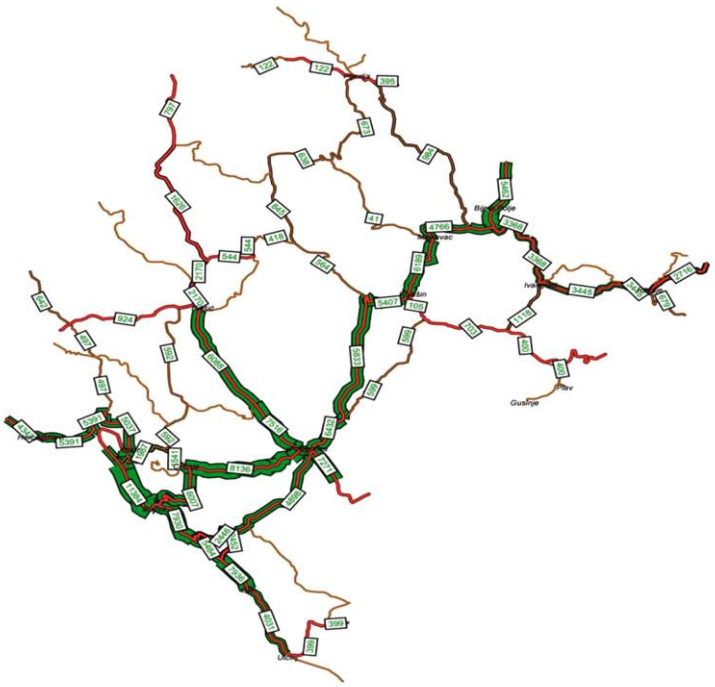
• Direkcija za saobraćaj – podaci koji su sakupljeni u maju 2013. godine

• Spea ingegneria S.p.a Italija – Studija izvodljivosti rekonstrukcije lokalnih puteva, brojanje saobraćaja u maju 2012. godine.

Navedena brojanja potpuno pokrivaju proljećni period 2012. i 2013. godine. Mjerenja Direkcije za saobraćaj pokazuju da maj prestavlja dobar izbor u pogledu dnevnog saobraćaja u navedenim godinama.

2.1.3. Brojanja saobraćaja i saobraćajne prognoze

Po dobijanju rezultata nakon kalibracije modela dobija se matrica putovanja za baznu 2013. godinu sa ukupnim saobraćajnim opterećenjem.



Slika 7. *Matrica putovanja*

2.1.4. Saobraćajna prognoza

Saobraćajna prognoza je urađena za period od 2013. do 2047. godine. Prognoza je izrađena za svaku godinu, te je definisan indukovani saobraćaj. Metodologija koristi rast i distribuciju putovanja baziranu na stanovništvu kao i na GDP per capita.

2.1.5. Prognoza porasta stanovništva

Svako povećanje ili smanjenje broja stanovnika ili promjene u distribuciji stanovnika imaće direktan uticaj na obim i na režim saobraćaja.

Regionalna prognoza porasta stanovništva bazirana je na Prostornom planu Crne Gore.

Saobraćaj prema eksternim zonama je u osnovi saobraćaj prema Srbiji, Kosovu*, Hrvatskoj, BiH i Albaniji. Prognoza stanovništva u Srbiji, Hrvatskoj i BiH, označava da se očekuje više ili manje konstantno zadržavanje nivoa za sledećih 20 do 30 godina (EPTISA 2007). Bazirano na tim pretpostavkama, prognoza saobraćaja za sve eksterne zone treba biti konstantna.

2.1.6. Prognoza rasta turizma

Prema statistikama Svjetskog savjeta za turizam i putovanja za Crnu Goru u 2012. godini[4], ukupan doprinos turizma i putovanja BDP-u iznosio je 663,8 miliona eura (19,5% BDP-a sa povezanim privrednim granama: saobraćaj, trgovina, telekomunikacije) od čega je direktno učešće 9,9%. Prognozira se rast po stopi od 8,6% godišnje u narednom desetogodišnjem periodu, što znači da će udio turizma i putovanja u BDP iznositi 1,72 milijarde eura u 2023. godini, odnosno 34,4% od BDP-a.

Crna Gora će u narednih 10 godina biti najbrže rastuća turistička destinacija sa aspekta prognoziranog rasta udjela turizma u ukupnom društvenom proizvodu, rasta investicija i rasta zaposlenosti u ovoj privrednoj grani.

Na osnovu statističkih podataka u prvih devet mjeseci 2013. godine, Crnu Goru je posjetilo 1.409.988 turista što predstavlja porast u odnosu na isti period 2012. godine od 3,01%.

Iz razloga velikog broja turista iz država bivše Jugoslavije, drumski saobraćaj je značajno zastupljen kada je u pitanju dolazak ovih turista, odnosno na osnovu statističkih pokazatelja, 56,3% turista dolazi u Crnu Goru koristeći drumski saobraćaj.

2.1.7. Prognoza rasta saobraćajnog opterećenja

Sa metodološke tačke gledišta, usvojeno je kao potrebno i dovoljno egzaktno, obaviti predviđanje prostorne distribucije saobraćajne potražnje za putovanjima jednim od modela faktora rasta: kategorije modela za koje je postojala mogućnost kvantifikovanja varijabila opisa stanja i parametara njihovog razvoja. Na sve kategorije putovanja primijenjen je tako Gravitacijski model prognoze međuzonskih putovanja, sa svojim iterativnim algoritmom.

Intenzitet i struktura saobraćajne potražnje, između planskih horizonata 2013. i 2047. godine, određena je na osnovu kalibriranih matričnih baznih modela prostorne distribucije saobraćajne potražnje područja zahvata po kategorijama vozila, na nivou PGDS 2013. godine, i definisanih vektora faktora rasta saobraćajne potražnje po zonama. Njima nije superponirana divergirana saobraćajna potražnja za tranzitnim saobraćajem stvorena izvan područja zahvata, ali je dodavana indukovana saobraćajna potražnja stvorena postojanjem novog koridora na ovim prostorima.

2.2. Kategorije vozila i tarife

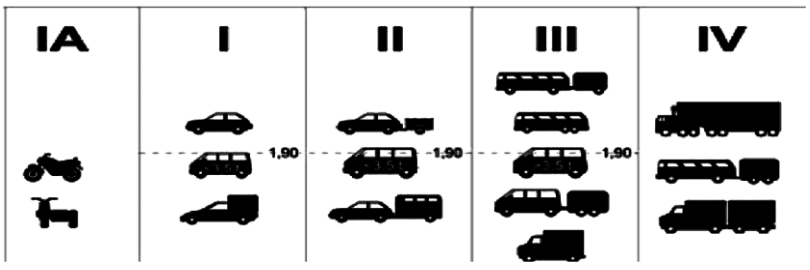
2.2.1. Kategorije vozila

Uobičajeni zahtjev za projektovanje sistema naplate putarina jeste da se koristi sistem kategorisanja vozila uz zaračunavanje različite naknade za različite vrste vozila kako bi se pravično podijelila putarina među raznim vrstama korisnika puta.

Sistem kategorisanja obično se zasniva na veličini vozila, mjereno konfiguracijom osovina i drugim jasno vidljivim i mjerljivim karakteristikama vozila. Sistemi automatske klasifikacije vozila (AVC) uobičajeno se sastoje od raznih kombinacija induktivnih detektora, papučica i/ili optičkih kapija i snopova za otkrivanje i provjeru raznih parametara vozila koji se koriste prilikom diferencijacije kategorija za procjenu iznosa putarine.

Sistem kategorizacije vozila treba da bude što je moguće jednostavniji i zasnovan na lako uočljivim karakteristikama vozila koje se mogu verifikovati pomoću senzora. Jedna osnova na kojoj se definišu klase za diferencijaju tarife je habanje koje vozilo izaziva na putu. Na toj osnovi, osovinsko opterećenje manjih vozila, u rasponu od oko 1 do 1,5 tone po osovini izaziva malo oštećenja, srednja vozila sa težinama na glavnoj osovini do 3 ili 4 tone izazivaju veća oštećenja, a najveća oštećenja izazivaju teški kamioni sa osovinskim težinama u rasponu od 8 i više tona.

Uzimajući u obzir prethodno navedeno, sistem kategorizacije vozila za diferencijaciju tarifa bi bio kao na slici 8 i u tabeli 1.



Slika 8. *Kategorija vozila*

Tabela 1. *Kategorija vozila*

KATEGORIJA	*VOZILA*
I(I+Ia)	*Motorna vozila sa karakteristikama motocikla, motornog tricikla i četvorocikla*
	Motorna vozila sa dvije osovine, visine do 1,30m mjereno kod prve osovine osim motornih vozila iz II b)
II	*Motorna vozila sa tri ili više osovina, visine do 1,30m mjereno kod prve osovine* *Motorna vozila sa dvije osovine, visine veće od 1,90m, a najveća dopuštena masa ne prelazi 3500kg*
III	*Motorna vozila sa dvije ili tri osovine, visine veće od 1,30m mjereno kod prve osovine najveće dopuštene mase preko 3500kg i Motornia vozila iz II b) s prikolicom*
IV	*Motorna vozila sa četiri ili više osovina, visine veće od 1,30m mjereno kod prve osovine najveće dopuštene mase preko 3500kg*

3. FUNKCIONALNE I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE TRASE SMOKOVAC – MATEŠEVO

3.1. Mjerodavna brzina

Usvojena računska brzina (Vr) koja je mjerodavna za dimenzionisanje elemenata poprečnog profila puta je 100 km/h. Projektovana brzina je određena na osnovu dijagrama vozno – dinamičkih karakteristika mjerodavnih vozila. U najkomfornijim elementima situacionog plana i podužnog profila maksimalna brzina (Vmax) je 120km/h. Sve navedene brzine su u relaciji Vr<Vp<Vmax.

3.2. Granični elementi plana i profila

Granični elementi plana i profila su u skladu sa TEM (Trans – European standards and recommended practise) i dati su u tabeli broj 2:

Tabela 2. *Granični elementi plana i profila*

SITUACIONI PLAN	**Vr=100km/h**	**PROPISI**
maksimalna dužina pravca	max L	2000 m
minimalni radijus horizontalne krivine	min R	450 m
minimalni radijus horizontalne krivine u kontranagibu	min R	3000 m
minimalni parametar prelazne krivine	min A	180 m
PODUŽNI PROFIL	**Vr=100 km/h**	**PROPISI**
maksimalni podužni nagib	max in	5% (6%)
minimalni podužni nagib	min in	0.5 %
minimalni radijus konveksnog zaobljenja (in=0%)	min Rvkonv	9000 m
minimalni radijus konkavnog zaobljenja	min Rv konk	4000 m
POPREČNI PROFIL	**Vr=100km/h**	**PROPISI**
širina vozne trake za kontinualnu vožnju	tv	3.50 m
širina trake za spora vozila	ts	3.50 m
širina ivične trake	ti	0.35 m
širina razdjelnog pojasa	ti	4.00 m
širina bankine	b	1.5 m
minimalni poprečni nagib kolovoza	min ip	2.5 %
maksimalni poprečni nagib kolovoza u krivini	max ipk	7.0 %

4. OPIS PROJEKTOVANIH RJEŠENJA

4.1. Dionica Smokovac – Uvač opis usvojenog varijantnog rješenja V1

Trasa ovog varijantnog rješenja je nastala iz namjere da se podigne kota prelaska preko kanjona Morače kako bi se ostvarili komformniji elementi podužnog profila na dionici Bioče – Piperska glava. Ovo je ostvareno skretanjem trase kroz brda Vežešnika i Popove gore prema naselju Gornje-Mrke i pojavom nešto dužih tunela na početnom dijelu trase. Tako se izuzev dva tunela koja se javljaju na samom početku dionice, koja su zajednička za oba rješenja, javljaju još dva tunela dužina od oko 1000m, odnosno od oko 800m. Međutim, s obzirom da i varijantno rješenje V2 kroz kanjon Morače obiluje tunelskim objektima na dionici Smokovac – Bioče, čija je ukupna dužina približno jednaka dužini tunela varijante V1, projektant je mišljenja da ova trasa pruža najbolje moguće rješenje na dionici Smokovac – Bioče. Takođe, s aspekta ulaska odnosno izlaska tunela iz stijenske mase, ova varijanta nudi neuporedivo povoljnija rješenja.

Takođe, rijeka Morača i izdizanje u rejon Pavličića savladava se jednim visokim mostom „Moračica“ dužine od oko 960m, umjesto sa pet mostova na varijanti V2, koji se praktično nadovezuju jedan drugi sa ukupnom dužinom od ~2km.

U nastavku trase od Morače pa do prelaza preko pruge Beograd – Bar, što je inače zajedniča tačka za oba varijanta rješenja, nastavlja se uzdizanje trase autoputa sa pojačanim nagibima 5-6%, pa i dalje sve do tunela Vjeternik (Km~19+700 – Km~22+600). Pojava nagiba od 6% na dužini od ~2200m bila je uslovljena neophodnošću smanjenja nagiba nivelete tunela Klopot, u rejonu Robove glave, kojim se gubi visina koja se u kasnijem dijelu trase ne može nadoknaditi. Usled svega ovoga, oko tunela Klopot razmatrana su i rješenja sa mostovskim konstrukcijama i otvorenim vođenjem trase. Međutim, izuzetno nepovoljni terenski uslovi na kraju su ipak opredijelili rješenje sa tunelom.

Sa stanovišta standarda i propisa u oblasti projektovanja puteva, analizirajući svu relevantnu dokumentaciju zemalja iz okruženja pa i šire, može se konstatovati da za računsku brzinu Vr=100km/h maksimalni nagib nivelete ne bi trebalo da prelazi i=5%, dok za računsku brzinu od Vr=80km/h ograničenje podužnog nagiba praktično i=6%. Međutim, ako se na osnovu istih standarda i propisa analiziraju karakteristike terena koje su dominantan faktor za donošenje odluke o mjerodavnoj računskoj brzini, onda se sasvim sigurno predmetni terenski uslovi mogu okarakterisati kao najsloženiji brdsko-planinski terenski uslovi koji bi praktično uslovljali ograničenje računske brzine na Vr=80km/h. Analizirajući mogućnosti polaganje trase u ovakvim terenskim uslovima, sva prethodna varijantna i podvarijantna rješenja ukazivala su da se u najvećoj mogućoj mjeri može položiti trasa koja bi u svemu zadovoljavala Vr=100km/h i obezbijedila veći komfor, smanjila vrijeme putovanja, troškove vožnje i dužinu same trase. Važno je napomenuti da, što se tiče horizontalne geometrije, svaki projektovani element zadovoljava u potpunosti Vr=100km/h, pa čak i veće brzine obzirom da su na izričito insistiranje Revizione komisije za varijantu V1 isključeni radijusi R=450m koji su granični za Vr=100km/h, prilikom razrade varijantnih rješenja.

Obzirom, da prema svoj dostupnoj literaturi podužni nagibi do 8% nijesu ograničavajući faktor za putnička vozila i ne uslovljavaju redukciju brzine, projektant je mišljenja da je u svemu zadovoljio postavljene programske uslove i izuzetno složene karakteristike terena. Kada su pitanju teška teretna vozila sasvim je sigurno da svi duži nagibi preko 3-4% zahtijevaju dodavanje posebne trake za spora vozila, što na kraju krajeva, pokazuju i dijagrami vozno-dinamičkih karakteristika koji su sastavni dio ovog projekta.
U okviru varijante V1 projektovana ja dodatna treća traka za spora vozila od mosta Moračica do tunela Vjeternik i od Tunela Vjeternik do Tunela Mrki krš. Takođe, na osnovu zahtjeva Investitora, Revizione komisije i Prostornog plana projektovana su i tri denivelisana ukrštaja i to:

• Smokovac km 0+000

• Pelev brijeg Km~16+400 i

• Veruša Km~24+200

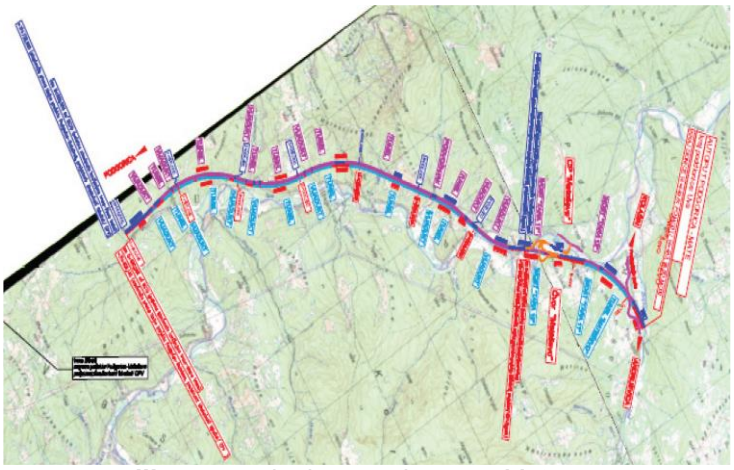
U okviru denivelisane raskrsnice Pelev brijeg predviđena je i baza za održavanje autoputa. Ove denivelisane raskrsnice trebalo bi da obezbijede saobraćajnu povezanost lokalnih manjih naseljenih sredina na ovom potezu, njihov dalji ekonomski razvoj, a denivelisana raskrsnica Veruša i da obezbijedi saobraćajnu povezanost sa regionalnim putem iz Albanije i turističkim centrom Veruša.

Sve denivelisane raskrsnice predviđene su u sistemu zatvorenog sistema naplate putarine što je u mnogome uticalo na samu definiciju projektnog rješenja. Denivelisane raskrsnice su projektovane u veoma teškim terenskim uslovima i na izraženim nagibima nivelete autoputa. Ovo naročito važi za denivelisanu raskrsnicu Veruša, koja je takođe razmatrana i na lokaciji Zagrađa. Međutim, na ovoj lokaciji je bilo gotovo nemoguće i potpuno neracionalno izraditi rješenje denivelisane raskrsnice, jer bi sve rampe denivelisane raskrsnice praktično počinjale i završavale zajedno sa trakama autoputa u tunelima, što je između ostalih ograničenja i izuzetno nebezbjedno rješenje.

U nastavku trase od Zagrađa pa do kraja ove dionice ~Km 31+000, odnosno Uvča, trasa se mahom proteže kroz tunele „Kosman“ i „Mala trava“, što je ocijenjeno kao povoljno rješenje, obzirom da se autoput na ovom dijelu proteže na nadmorskoj visini od~1100 mNV. Tunelsko vođenje trase na ovim visinama ublažiće negativne posljedice po bezbjednost u zimskim uslovima, umanjiće troškove održavanja i doprinijeti očuvanju prirodne sredine.

Važno je napomenuti da je za varijante V1 i V2, predviđen „zatvoren“ sistem odvodnjavanja zauljanih voda sa površine kolovoza, uz prethodne tretmane putem savremenih prečistača „Tehnix“ i ispuštanje u prirodne recipijente. Kada su u pitanju pribrežne vode predviđeno je njihovo prihvatanje otvorenim pribrežnim kanalima i ispuštanje bez tretmana na pogodnim mjestima. Dakle, predviđeno je potpuno razdvajanje pribrežnih (nezaprljanih) od zauljenih voda sa kolovoza.

Takođe, zajedničko za obje varijente, je podjela poddionica trase do Vjeternika i od Vjeternika u pogledu geoloških uslova i građe terena. Naime, detaljan i zaista iscrpan izvještaj o geološkim karakteristikama i građi terena, prikazan je u posebnoj knjizi ovog Idejnog projekta koja se bavi tom problematikom. U okviru ovog tehničkog opisa, uprošćeno se može reći, da su karakteristike i sastav stijenske mase do tunela Vjeternik povoljni i uglavnom se sastoje od krečnjačke stijene, koja se može koristiti i za potrebe izrade nasipa i strmijih kosina usjeka sa obezbjeđenjem istih ili ne. Međutim od tunela Vjeternik pa do kraja trasa geološka građa terena je nepovoljna i sastoji se uglavnom od trošnih stijena sklonih raspadanju. U ovim uslovima stijenska masa iz iskopa se ne može koristiti za izradu nasipa ili može u jako malom procentu (do 20%). Kosine usjeka zahtijevaju mnogo blaže nagibe (1.5:1–1:1) u odnosu na one koji se mogu koristiti do Vjeternika (3:1–4:1). Projektom je predviđen veliki broj potpornih zidova i u kosinama nasipa i usjeka kao i izrada visokih usjeka sa izradom bermi na h=6m.



Slika 4. *Dionica Smokovac – Mateševo*

4.2. Dionica Uvač – Mateševo opis usvojenog varijantnog rješenja

Idejni projekt autoputa Uvač – Mateševo projektovan je na osnovu i u skladu s Projektnim zadatkom dobijenim od Investitora, te prihvaćenim Generalnim projektom. Isto tako u međuvremenu je donesen i Detaljni urbanistički plan za autoput Bar – Boljare sa kojim je ovaj projekat u potpunosti usklađen. Predmetna dionica potpuno je usklađena sa Idejnim projektom prethodne dionice Smokovac – Uvač i isto tako sa nastavkom tj. dionicom Mateševo – Andrijevca za koju je izrađen Generalni projekat.

Vidljivo je da je dio trase uključujući petlju i naplatnu stanicu tj. zadnjih cca 3km smješten u dolinu Tare koja je na spisku svjetskih rezervata biosfere. Sam taj podatak iziskivao je od projektanta da projektovanju pristupi maksimalno pažljivo kako bi taj zahvat minimalno uticao na dolinu kojim prolazi. Tako je, što se tiče vođenja trase, ona „stisnuta“ pribrežno, maksimalno koristeći vijadukte i mostove (koji imaju minimalan uticaj na okolinu nasuprot nasipima ili usjecima) za prolaz tim područjem. Isto tako rješenja odvodnjavanja posebno voda sa kolovoza su u skladu sa svim svjetskim zahtijevima za prolaz autoputa kroz zaštićena područja. Sva voda sa kolovoza se kontrolirano prikuplja i odvodi do separatora i tek nakon pročišćavanja ispušta u recipijent. Kako je prema svim dokumentima na predmetnoj lokaciji potrebno smjestiti petlju za priključak Mateševa na autoput i lokacija petlje je dodatno analizirana. Saobraćajni uslovi su takvi da petlja mora svojim elementima zadovoljavati građevinsko tehničke uslove za min. Vrač=40 km/h (Rmin 45m). Isto tako, zona naplatne stanice, prema pravilima mora imati određene dužine na prilazima naplatnim kućicama. Sagledavajući sve to odabrana lokacija jedina zadovoljava sve navedene zahtijeve. Potrebno je istaći da je u neposrednoj blizini i tunel Mateševo koji je ograničavajući faktor za postavljanje traka za usporenje i ubrzanje na trasi autoputa. Čvorište Mateševo zajedno sa naplatnom stanicom je postavljeno tako da ni u kom dijelu ne utiče na tok Tare koja je premošćena mostovima i vijaduktima što je u takvim slučajevima nakvalitetnije rješenje.

Za lociranje čvorišta sa naplatnom stanicom (sa svim traženim elementima) u dolini rijeke Drcke fizički nema prostora ukoliko se traži racionalno rešenje, a uticaj na Taru, odnosno njeno slivno područje koje je na spisku rezervata biosfere, bio bi praktički isti jer se Drcka ulijeva u Taru 500m nizvodno.

Trasa autoputa položena je tako da ne zadire u registrovane spomenike kulture, pa ne prouzrokuje promjene, niti narušava njihovu cjelovitost.

Ukupna dužina dionice je 9,12km od čega je 6,86 km „nova“ trasa, a 2,26km trasa tlocrtno preuzeta iz Glavnog projekta dionice Veruša – Mateševo izrađenog 2006. godine uz usklađenje nivelete na kraju dionice sa Detaljnim prostornim planom autoputa Bar–Boljare. Trase su u potpunosti usklađene tlocrtno i visinski.

5. ZAKLJUČAK

Sa aspekta društveno-ekonomskih efekata koji će se javiti realizacijom ove investicije, kao i onih efekata koji ovde nijesu kvantifikovani, nedvosmisleno se zaključuje da ova investicija ima svoje puno društevno-ekonomsko i saobraćajno-tehnološko opravadanje. Direktne koristi od ove investicije su: uštede troškova vremena putovanja kao posljedica povećanja operativnih brzina vozila, uštede troškova eksploatacije vozila, uštede troškova saobraćajnih nezgoda i ekološke uštede. Pored toga, indirektne koristi, koje se mogu očekivati kao rezultat realizacije investicije su:

• značajno smanjenje broja saobraćajnih nezgoda;

• povećanje pristupačnosti teško pristupačnim predjelima;

• povećanje mobilnosti;

• značajne demografske promjene;

• izmijenjeni tržišni uslovi poslovanja i povećanje konkurentnosti preduzeća;

• olakšan pristup regionalnom tržištu, te snižavanje zavisnih troškova nabavke;

• bolja valorizacija potencijala iz domena poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede;

• razvoj turizma;

• povećanje zaposlenosti i promjena strukture zaposlenosti;

• bolje iskorišćavanje potencijala Luke Bar i Kontejnerskog terminala i njihova bolja veza sa gravitacionom zonom;

• direktno angažovanje domaće građevinske operative, opreme, materijala i radne snage u fazi izgradnje, što će imati multiplikativne efekte na indirektne koristi;

• pojava tzv. novostvorenog/generisanog saobraćaja i ekonomskih koristi po osnovu novostvorenog/generisanog saobraćaja;

• indirektni efekti koje imaju institucije države koje učestvuju u procesu odlučivanja i finansiranja projekta, kao i u procesu realizacije projekta, itd.

Literatura

[1] Memorandum o razumijevanju za razvoj osnovne regionalne transportne mreže u jugoistočnoj Evropi (SEETO Memorandum) potpisan je u Luksemburgu, 11. juna u 2004. godine, od strane vlada Crne Gore, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Makedonije, Albanije, Srbije i Kosova*, kao i od strane Evropske komisije.
[2] http://www.seetoint.org/seeto-comprehensive-network/
[3] http://www.monstat.org/cg/
[4] WTTC Travel & Tourism Economic Impact 2013, World Travel & Tourism Council.

PRIKUPLJANJE OTICAJA SA MOSTA “GAZELA”, NJEGOVO PREČIŠĆAVANJE I INFILTRACIJA

J. Despotović[1], N. Jaćimović[1], J. Plavšić[1], D. Pavlović[1], A. Djukić[1], A. Todorović[1], V. Živanović[2], S. Milić[2]

[1] *Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet, Srbija, Beograd, jdespotovic@grf.bg.ac.rs*

[2] *Cekibeo d.o.o., Srbija, cekibeo.doo@sbb.rs*

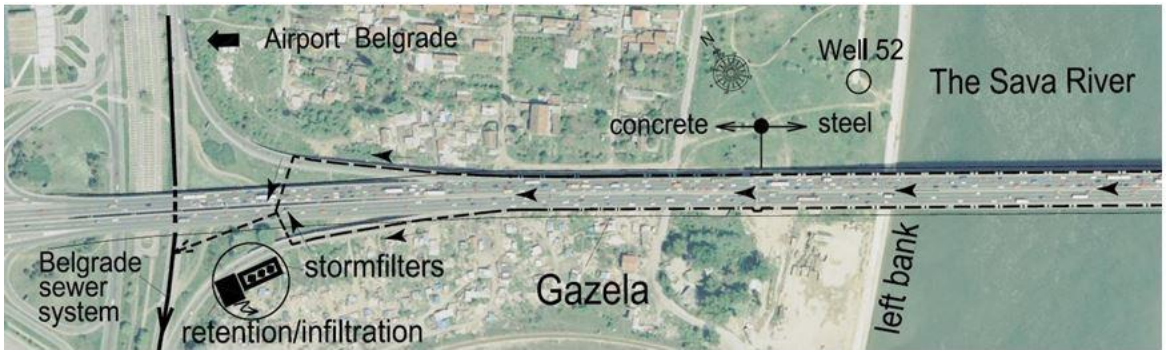
Rezime: U radu se prikazuje odvođenje kišnih voda sa kolovoza na mostu Gazela preko reke Save u Beogradu, kao i sa prilaznih rampi. Most je sagrađen 1970. godine bez sistema za kanalisanje kišnih voda osim slivnika koji su vodu direktno ispuštali sa mosta u vodotok. Tokom 2010-2012. godine most je rekonstruisan uz dogradnju sistema za kanalisanje i prečišćavanje kišnih voda. Ograničenja i uslovi postavljeni za količine i kvalitet oticaja su strogi jer se most nalazi u zoni sanitarne zaštite Beogradskog vodovoda. Oticaj kišnih voda sa mosta se prikuplja i delimično ispušta pre nego što se koristi za infiltraciju i prihranjivanje akvifera pri obali reke Save.

Ključne reči: *kišne vode, oticaj, odvodnjavanje, most, prečišćavanje, infiltracija.*

1. UVOD

Most „Gazela“ konstruisan je ’70-tih godina bez sistema za kanalisanje kišnih voda. Most se sastoji od 3 celine: (1) prilazne armirano-betonske konstrukcije na levoj obali (692 m), (2) čelične konstrukcije kojom se premošćuje reka Sava (468.5 m) i (3) prilazne armirano-betonske konstrukcije na desnoj obali sa pristupnim saobraćajnicama (1.584 m). Ukupna površina navedenih konstrukcija iznosi 65.000 m^2.

U periodu od 2010. do 2012. godine most je rekonstruisan i izgrađeni su sistemi za prikupljanje i tretman kišnog oticaja (slika 1). Deo prikupljenog oticaja se preusmerava prema filterskim poljima, gde se prečišćava i kao takav zadržava u retenziji i naknadno infiltrira. S obzirom da se oticaj infiltrira u zoni zaštite Beogradskih izvorišta u kojoj se nalazi niz Reni bunara, ograničenja koja propisuje JKP BVK u pogledu količine i kvaliteta vode su veoma striktna.



Slika 1. Most „Gazela“ sa sistemom za kanalisanje kišnih voda, za prečišćavanje oticaja i njegovu infiltraciju, na levoj obali reke Save

2. Sistem za kanalisanje kišnih voda na mostu „Gazela“

Sistem za prikupljanje kišnog oticaja se sastoji iz rigola i slivnika, koji su postavljeni na međusobnom odstojanju od približno 11 m, i koji su povezani cevima. Cevi su pričvršćene za konstrukciju mosta ankerima, koji su postavljani na približno istim rastojanjima ispod donje ivice mostovske konstrukcije (slika 2).

Konstrukcija mosta (čelična, armirano betonska ili spregnuta) sa sistemom za dreniranje treba da bude istovremeno elastična i dovoljno kruta. To znači da cevne linije sa čvrstim tačkama, kukama i ankerima, rolerima i kompenzatorima, kao i karakteristikama cevi, kao što su prečnici, kapacitet i težina, treba da budu prilagođene deformacijama, uključujući deformacije, ugibe, izduženja ili skupljanja čelične ili armirano betonske konstrukcije. Zajedno, konstrukcija mosta i cevni podsistemi izloženi su uticajima opterećenja i temperature, tipa konstrukcije i temperaturnih razlika. Komadima za dilatiranje na mostu Gazela omogućena

je izvesna nezavisnost u ponašanju između čelične i a.b. konstrukcije, uz odgovarajuće prilagođavanje cevnih podsistema.



Slika 1. Cevi na mostu prečnika 300 mm koje su ankerima pričvršćene za mostovsku konstrukciju**.**

Cevovodi, većinom vidljivi, treba da su paralelni sa donjom ivicom konstrukcije, bilo da je u pitanju čelična ili a. b. konstrukcija, uz uslov da cevi budu manjih prečnika. To su dodatni zahtevi za uspostavljanje koncepta kišne kanalizacije sa većim brojem podsistema (20) umesto dugačkih kanalizacionih cevi velikih prečnika ali i promenljivih nagiba.

Na slikama 3 i 4 prikazani su cevovodi postavljeni duž ivice konstrukcije sa ograničenim prečnikom kao što je propisani od 300 mm.



Slika 3. Cevovoda prečnika 300 mm ispod mosta na levoj obali, sa vertikalnim i horizontalnim ankerima



Slika 4. Dva podsistema na spoju čelične i a. b. konstrukcije, sa amortizovanjem dilatacije cevovoda

Kompleksan sistem je projektovan tako da ne dođe do zadržavanja vode na kolovozu i tako da se ne dopusti infiltracija vode u konstrukciju mosta. Pri projektovanju je dopušteno da se voda prostire do 1/3 širine kolovoza, čime se ne ugrožava bezbednost saobraćaja (Despotović i sar., 2007). Prethodno rešenje odvođenja površinskog oticaja sa mosta sastojalo se samo od niza rešetki sa gornje strane i kratkih cevi kao odvoda sa donje, koje je prikazano na levoj i slici 5 u sredini. Može se videti da na gornjem licu mosta i na donjoj površini postoje velika oštećenja kolovoza, ivčnjaka i konstrukcije.

Kako bi se smanjila mogućnost kolmiranja cevi, uz slivnike su postavljeni i elementi za istaložavanje nanosa (slika 5 desno). Ukupan oticaj sa mosta i priključnih rampi se evakuiše preko 20 izliva, 18 su u sistemu beogradske kanalizacije, a po jedan na dve obale sistemima za infiltraciju u priobalje reke Save.



Slika 5. Slivnici na kolovozu pre rekonstrukcije (levo) i ispod konstrukcije mosta (u sredini) su bili mesta korozije i velikih oštećenja konstrukcije, a nakon rekonstrukcije (desno) su postavljeni tako da je omogućeno istaložavanje nanosa pre slivanja oticaja u sistem

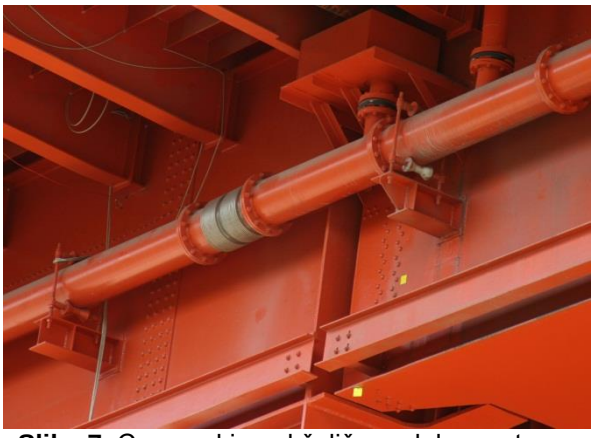
Deo oticaja prikupljenog sa mosta se preusmerava prema postojećoj kanalizacionoj mreži opšteg tipa, a znatno manji deo prema objektima za filtriranje, retenziranje i infiltriranje u priobalje Save. Pošto se prečišćeni površinski oticaj prikuplja i retenzira, a potom usmerava u sistem infiltracionih cevi radi infiltracije u priobalje, u kraćem ili dužem periodu će doći do prihranjivanja podzemnih voda.

U fazi projektovanja, rad sistema za odvodnjavanje je simuliran na bazi osmotrenih i računskih kiša 10-godišnjeg povratnog perioda, trajanja od 5 min do 60 min (Petrović i Despotović, 1998). Simulacije su vršene pomoću softverskog paketa SWMM (US-EPA, 2004). Kapaciteti slivnika ocenjeni su na osnovu laboratorijskih ispitivanja (Despotović i sar., 2004, 2005).

Kapaciteti slivnika zavise od podužnog nagiba, ali još više od poprečnog nagiba kolovoza. Kako oba nagiba kolovoza variraju (Despotović i sar. 2005), na čeličnom delu mosta slivnici su udvostručeni da bi se obezbedilo maksimalno zahvatanje oticaja. Takođe su maksimalno zaštićene i dilatacije koje su i najviše ugrožene od površinskih voda (slike 6 i 7). Slivnici su ugrađeni u ivičnjake zbog zahteva investitora „Puteva Srbije“ za visokom bezbednosti saobraćaja sa izgrađenim kanalizacionim sistemima (Despotović i sar. 2007).



Slika 6. Slivnici na čeličnom delu mosta su udvojeni zbog maksimalnog zahvatanja površinskog oticaja pre slivanja oticaja ka elementima za dilatacije



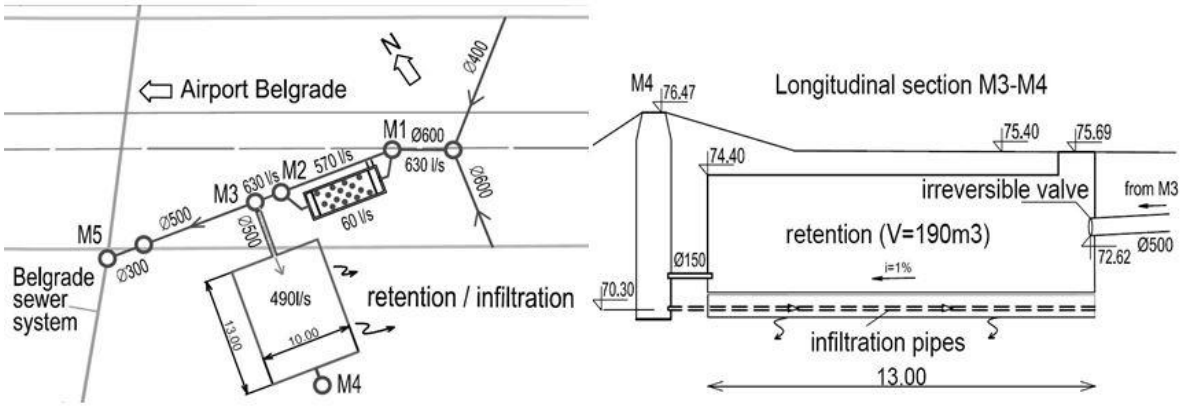
Slika 7. Cevovod ispod čeličnog dela mosta sa duplim slivnicima pre priključka horizontalnih i vertikalnih kompenzatora , kao i rolera za horizontalna pomeranja

3. Sistem za prečišćavanje i infiltraciju oticaja sa mosta „Gazela“

Sistem za prečišćavanje, prikupljanje i infiltraciju oticaja sa oko 30.000 m2 prikazan je na slici 8. Nakon tretiranja kišnog oticaja deo toga oticaja odlazi u kanalizacioni sistem zato što je dopuštena količina vode koja se upušta u Beogradski kanalizacioni sistem ograničena. Drugi deo oticaja se preusmerava ka retenziranju i infiltraciji kako bi se poboljšalo prihranjivanje akvifera. Količina oticaja koja ne prevazilazi 140 l/s izliva se u kanalizaciju, a preostala voda se preusmerava na sistem za prečišćavanje i infiltraciju. U savremenoj praksi kanalisanja i prečišćavanja kišnog oticaja sa autoputeva i drugih zagađenih saobraćajnih površina usled odvijanja motornog saobraćaja neophodno je da se prvi talas zagađenja („first flush“) dodatno

prečišćava. Nije, naime, dovoljno izgraditi samo taložnik i separator masti i ulja, kako je dugo vremena bila praksa i u svetu i kod nas. Zbog toga je projektovan i izgrađen objekat sa specijalnim filtarskim jedinicama (Stormfilter), koji se sastoji od 30 buradi kapaciteta po 2 L/s, što ukupno daje filtarsku jedinicu kapaciteta 60 L/s (Despotović i sar., 2012, 2013).

Kako bi se ocenili efekti na nivoe podzemnih voda i promene kapaciteta akvifera, napravljen je numerički model za simulaciju rada sistema za infiltraciju oticaja. Simulacija rada sistema pokazala je da pri ustaljenoj infiltraciji od 10 L/s dolazi do lokalnog porasta nivoa podzemnih voda (NPV) od približno 1 m. Porast NPV u zoni bunara RB52 i RB30 iznosi 15 cm, odnosno 13 cm. Efekti pri neustaljenim uslovima su kratkotrajni i nestaju ubrzo nakon pražnjenja retenzije.



Slika 8. Levo je prikazana osnova sistema: račvanja (M1, M2,M3), tretman prvogtalasa zagađenja od 60 L/s, retenzija i infiltraciono polje, a desno je prikazan podužni presek sistema

Prema procenama, ovaj sistem bi godišnje doprineo prihranjivanju podzemnih voda sa 15.000 m^3 i 20.000 m^3. Međutim, kako se infiltracija oticaja vrši unutar Sanitarne zone zaštite Beogradskih izvorišta, kvalitet prečišćenog oticaja mora biti u skladu sa važećim propisima o zaštiti Sanitarnih zona izvorišta. Postupak prečišćavanja oticaja projektovan je prema Evropskoj Direktivi o vodama i u obzir su uzeta i iskustva Evropskih zemalja u ovoj oblasti (Achleitner et al., 2004, Malgrat et al, 2005). Sprovedena osmatranja tokom rekonstrukcije mosta i izgradnje sistema za prečišćavanje i infiltraciju oticaja su u skladu sa SRPS-EN 752 (ISS 2007) i 858 (ISS 2011).

4. Predloženi monitoring sistema i efekata infiltracije

Uticaj sistema na kvalitet podzemnih voda tokom eksploatacije trebalo bi da bude ocenjen na osnovu monitoringa parametara količina i kvaliteta oticaja, prečišćenog oticaja za infiltraciju i podzemnih voda, kao i monitoringa režima podzemnih voda uopšte (npr. monitoring izdašnosti najbližih bunara RB2-RB26 JKP BVK).

Potrebno je naglasiti da se trenutno oticaj sa drugih mostova ispušta ili direktno u reku Savu ili u podzemlje, bez ikakvog prečišćavanja, o čemu svakako nadležni treba da povedu računa u sledećim fazama izrade tehničke dokumentacije.

Zahvalnost

Autori rada i projektne dokumentaicije izražavaju zahvalnost Investitoru projekta zaštite i prečišćavanja kišnih voda - Javnom preduzeću "Putevi Srbije", za saradnju i podršku Javnom komunalnom preduzeću Beogradski vodovod i kanalizacija, izvođačima projekta Kompanijama Štrabag AG, Mostogradnja, projektantima iz Mostprojekta, preduzeću „Cekibeo d.o.o.", Takođe i Ministarstvu obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja Srbije (Projekart TR37010), za razumevanje, saradnju i pomoć.

Literatura

[1] Achleitner S., De Toffol S., Engelhard C., Schulz K., Rauch W. 2004. National Implementation Process of the EU WFD – Status and effects to urban water management. *Proc. Novatech 2004 – Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management*, M. Desbordes and B. Chocat (eds.), pp. 639-646.

[2] Despotović J., Petrović J. and Jaćimović N. 2002, Measurements, calibration of rainfall-runoff models and assessment of the return period of flooding events at urban catchment Kumodraž in Belgrade. *Water Science and Technology*, 45(2), 127-133.

[3] Despotović J., Jaćimović N. and Plavšić J. 2004, Modern technologies for placing the SELECTA inlets in downtown Belgrade. *Proc. Novatech 2004 – Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management*, M. Desbordes and B. Chocat (eds.), pp. 507-512.

[4] Despotović J., Stefanović N., Pavlović D. and Plavšić J., 2005, Inefficiency of urban storm inlets as a source of urban floods. *Water Science and Technology*, 51(2), 139-145.

[5] Despotović J., Josipović S., Ivančević N., Živanović V., Dulić P. i Nikoletić S. (2007). Glavni projekat sistema za kanalisanje i prečišćavanje kišnih voda sa mosta Gazela preo reke Save na sekciji E75 Autoputa kroz Beograd, Mostprojekt, CEKIBEO i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.

[6] Despotović J., Josipović S., Ivančević N., Živanović V., Dulić P. and Nikoletić S. 2010, Glavni izvođački projekat sistema za kanalisanje i prečišćavanje kišnih voda sa mosta Gazela preo reke Save na sekciji E75 Autoputa kroz Beograd. Preduzeća Mostprojekt i Cekibeo i Graževinski fakultet Univerziteta u Beogradu.

[7] Despotović J., Plavšić J., Živanović V., Velović N., Jakovljević N., Ivančević N. and Dulić P., 2012, Design and construction of the storm water drainage and treatment system for the Gazela Bridge in Belgrade. *Proc. Ninth International Conference on Urban Drainage Modelling*, Book of extended abstracts, D. Prodanović and J. Plavsic (eds.), pp. 241-242.

[8] Despotović J., Plavšić J., Živanović V., Jakovljević N., 2013 The storm water drainage and treatment systems at the “Gazela” bridge in Belgrade, Serbia – A case study. *Proc. Novatech 2013*, GRAIE, Lyon, pp. 115.

[9] Garcia-Fresca B., *Urban-enhanced groundwater recharge: review and case study of Austin, Texas, USA*, The John A. and Katherine G. Jackson School of Geosciences – The University of Texas at Austin, 2005.

[10] ISS – Institute for Standardization of Serbia, 2007, SRPS EN 752:2007, Drain and sewer systems outside buildings, www.iss.rs

[11] ISS – Institute for Standardization of Serbia, 2011, SRPS EN 858:2011, Separator systems for light liquids (e.g. oil and petrol), www.iss.rs

[12] Lerner N. D., Identifying and quantifying urban recharge: a review, Hydrogeology Journal 10: 143-152, 2002.

[13] Malgrat P., Villaneuva A. and Suñer D. 2005 Influence of the new European Directives on the urban drainage system. *Proc. 10th International Conference on Urban Drainage*. E. Eriksson, H. Genç-Fuhrman, J. Vollertsen, A. Ledin, T. Hvitved-Jacobsen and P. S. Mikkelsen (eds.), on CD-ROM (8 pages).

[14] Petrović J. and Despotović J. 1998 Historical rainfall for urban storm drainage design. *Water Science and Technology*, 37(11), 105-111.

[15] US-EPA, 2004 Storm Water Management Model – SWMM 5.0, Water Supply and Water Resource Division, Office of R&D, National Risk Management Research Lab., Cicinati, OH, 45268.

PODOBNOST PRIMENE OSNOVNIH METODOLOŠKIH POSTUPAKA U ANALIZI USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA VANGRADSKIM DEONICAMA PUTEVA

ELIGIBILITY OF APPLICATION OF THE BASIC METHODOLOGICAL PROCEDURES FOR THE ANALYSIS OF TRAFFIC CONDITIONS AT RURAL ROAD SECTIONS

Ljubiša Kuzović [1], Vuk Bogdanović [2*], Ruškić Nenad [3],
[1] *Inženjerska akademija Srbije, Beograd advjasku@beocity.net*
[2] *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad vuk@uns.ac.rs*
[3] *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad nruskic@uns.ac.rs*

Rezime: *Utvrđivanje sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahtevima saobraćaja podrazumeva analizu kapaciteta i nivoa usluge. To je neophodan korak u postupcima planske i operativne analize prilikom izgradnje ili rekonstrukcije puteva. Tokom istorije razvijani su različiti modeli za proračun kapaciteta puteva, koji su modifikovani i prilagođavani promena karakteristika saobraćajnog toka. U skladu sa promenama postupaka za proračun kapaciteta, menjani su kriterijumi i parametri na osnovu kojih se određuje nivo usluge. U svetu se za određivanje kapaciteta i nivoa usluge najčešće koristi metod HCM, koji je od 65 god. do danas doživeo velike promene i transformacije. U našoj zemlji i regionu je od 80-tih godina prošlog veka u postupcima analize korišćen model koji se bazirao na preporukama HCM, ali koji je bio modifikovan i prilagođen lokalnim uslovima. U ovom radu analizirana je podobnost primene ovih metodoloških postupka u različitim uslovima odvijanja saobraćaja.*

Ključne reči: put, kapacitet, nivo usluge

Abstract: Determining the abilities of rural roads to fulfill the traffic demands involves the analysis of the capacity and level of service . This is a necessary step in the procedures of planning and operational analyses during the construction or reconstruction of roads. Throughout history, different models have been developed for the calculation of the road capacity, which have been modified to the changes of the traffic flow characteristics. In accordance with changes in the procedures for capacity calculation, criteria and parameters for determination of the level of service was changed. Most common method for determination of the capacity and level of service is HCM method, which has experienced very big changes and transformations since his first edition in 1965. Since 80's years of the last century model for capacity analysis of the roads in our country and the region was based on the recommendations of HCM , but it was adjusted to the local conditions . This paper analyzes the suitability of the application of these methodological procedures in various traffic conditions.

Keywords: road, capacity, level of service

1. UVOD

Postupci za ocenu kvaliteta uslova odvijanja saobraćaja na vangradskim deonicama puteva su definisani za određene uslove u kojima je moguća njihova primena. Tokom godina oni su se menjali zbog novih naučnih saznanja, ali i zbog promena koje su nastupile u saobraćajnom toku promenom vozno-dinamičkih karakteristika vozila. Osnovni postupci i kriterijumi, koji će se analizirati u radu, zasnovani su na porukama datim u američkim priručnicima za kapacitet puteva, u izdanjima HCM-a iz 1965. god. [1], 1985 god. [2]; 1994. god. [3] 1998. god. [4], 2000. god. [5] i 2010. god. [6], kao i na domaćim publikacijama, pre svega na publikacijama Saobraćajnog fakulteta u Beogradu iz 1979. god.; 1989. god. [7], [8], i 2000. god. [9]. Podobnost primene osnovnih postupka i kriterijuma pri utvrđivanju sposobnosti deonica vangradskih puteva neophodno je analizirati u kojim uslovima je moguća njihova primena. U pomenutoj referentnoj literaturi više puta su vršene određene promene metodologije kojom su definisani osnovni postupci, parametri i kriterijumi pri utvrđivanju sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, što se pre svega odnosi na izdanja HCM-a.
U okviru rada prikazani su i analizirani osnovni metodološki postupci parametri i kriterijumi koji su pre svega po pitanju uloge praktičnog kapaciteta u oceni uslova saobraćaja, učinjene u izdanjima HCM-a. Pored toga analizirane su razlike između HCM u odnosu na postupke date u domaćim publikacijama i najznačajnije razlika u metodologijama koje se primenjuju pri utvrđivanju sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja. Na osnovu rezultata analiza data je ocena podobnosti primene osnovnih metodoloških postupaka za utvrđivanje sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, s obzirom na putno-saobraćajne karakteristike putne mreže.

* Autor zadužen za korespodenciju vuk@uns.ac.rs

2. PROMENE OSNOVNIH PARAMETARA ZA ANALIZU USLOVA SAOBRAĆAJA NA DEONICAMA VANGRADSKIH PUTEVA U IZDANJIMA HCM-A OD 1965. DO 2010. GODINE

Uslovi odvijanja saobraćaja na autoputevima i deonicama dvotračnih puteva su različiti. Shodno tome, parametri za analizu nivoa usluge i proračun kapaciteta autoputeva i dvotračnih puteva su različiti, odnosno imaju različite vrednosti. Promene parametara za analizu uslova biće analizirane posebno kroz tabelarne prikaze.

2.1. Promene osnovnih parametara za analizu uslova saobraćaja na autoputevima

U narednoj tabeli dat je prikaz promene osnovnih parametara za analizu kapaciteta i nivoa usluge osnovnih deonica autoputeva u skladu izdanjima američkog priručnika za analizu kapaciteta i nivoa usluge HCM, od prvog izdanja koje je publikovano 1965 god., do poslednjeg izdanja ovog priručnika koji je publikovan 2010. god.

Tabela 1. *Promene parametara za analizu uslova odvijanja saobraćaja na deonicama autoputeva*

<table>
<tr><td rowspan="2">Godina izdanja HCM-a</td><td rowspan="2">Brzina u slobodnom toku osnovnih odseka u baznim uslovima</td><td rowspan="2">Bazni kapacitet (PA/h/traci)</td><td rowspan="2">Brzina pri baznom kapacitetu (mph)</td><td colspan="4">Parametri za definisanje nivoa usluge</td></tr>
<tr><td>Osnovni parametar</td><td colspan="3">Ostali parametri</td></tr>
<tr><td>1965.</td><td>70 (mph)</td><td>2000</td><td>30-35</td><td>Brzina (mph)</td><td>Relacija tok/kapacitet pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td><td>Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">1985.</td><td>75 (mph)</td><td>2000</td><td>≥30</td><td rowspan="3">Gustina toka (PA/km/tr)</td><td rowspan="3">Brzina (mph)</td><td rowspan="3">Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td><td rowspan="3">Relacija V/C</td></tr>
<tr><td>60 (mph)</td><td>2000</td><td>≥30</td></tr>
<tr><td>50 (mph)</td><td>1900</td><td>≥28</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1994.</td><td>70 (mph)</td><td>2200/2300*</td><td>>60/58</td><td rowspan="4">Gustina toka (PA/km/tr)</td><td rowspan="4">Brzina (mph)</td><td rowspan="4">Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td><td rowspan="4">Relacija V/C</td></tr>
<tr><td>65 (mph)</td><td>2200/2300*</td><td>>56/53</td></tr>
<tr><td>60 (mph)</td><td>2200/2300*</td><td>>53/50</td></tr>
<tr><td>55 (mph)</td><td>2200/2300*</td><td>>50/48</td></tr>
<tr><td rowspan="5">1998.</td><td>75 (mph)</td><td>2400</td><td>53</td><td rowspan="5">Gustina toka (PA/km/tr)</td><td rowspan="5">Brzina (mph)</td><td rowspan="5">Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td><td rowspan="5">Relacija V/C</td></tr>
<tr><td>70 (mph)</td><td>2400</td><td>53</td></tr>
<tr><td>65 (mph)</td><td>2350</td><td>52</td></tr>
<tr><td>60 (mph)</td><td>2300</td><td>51</td></tr>
<tr><td>55 (mph)</td><td>2250</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2000.</td><td>120 (km/h)</td><td>2400</td><td>85.7</td><td rowspan="4">Gustina toka (PA/km/tr)</td><td rowspan="4">Brzina (km/h)</td><td rowspan="4">Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td><td rowspan="4">Relacija V/C</td></tr>
<tr><td>110 (km/h)</td><td>2350</td><td>83.1</td></tr>
<tr><td>100 (km/h)</td><td>2300</td><td>82.1</td></tr>
<tr><td>90 (km/h)</td><td>2250</td><td>80.4</td></tr>
<tr><td rowspan="5">2010.</td><td>75 (mph)</td><td>2400</td><td>53</td><td rowspan="5">Gustina toka (PA/km/tr)</td><td colspan="3" rowspan="5">Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge (PA/h/tr)</td></tr>
<tr><td>70 (mph)</td><td>2400</td><td>53</td></tr>
<tr><td>65 (mph)</td><td>2350</td><td>52</td></tr>
<tr><td>60 (mph)</td><td>2300</td><td>51</td></tr>
<tr><td>55 (mph)</td><td>2250</td><td>50</td></tr>
</table>

* - za 4-tračni put C=2200 (PA/h/tr); za 6-tračni put C=2200 (PA/h/tr)

2.2. Promene osnovnih parametara za analizu uslova saobraćaja na dvotračnim putevima

U narednoj tabeli dat je prikaz promene osnovnih parametara za analizu kapaciteta i nivoa usluge osnovnih deonica dvotračnih puteva prema američkom priručniku za analizu kapaciteta i nivoa usluge HCM, od prvog izdanja koje je publikovano 1965 god, do poslednjeg izdanja ovog priručnika koji je publikovan 2010. god.

Tabela 2. *Promene parametara za analizu uslova odvijanja saobraćaja na deonicama dvotračnih puteva*

Godina izdanja HCM-a	Klase osnovnih odseka	Brzina u slobodnom toku osnovnih odseka u baznim uslovima	Bazni kapacitet (PA/h/traci)	Brzina pri baznom kapacitetu	PARAMETRI ZA DEFINISANJE NIVOA USLUGE		
					Osnovni parametar	Ostali parametri	
1965.		70 (mph)	2000 (PA/h/oba smera)	30-35 (mph)	Brzina (mph)	Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge	
1985.	Ravničarski teren	>60 (mph)	2800 (PA/h/oba smera)	≥45 (mph)	% vozila koja voze u uslovima kolonske vožnje	Brzina (mph)	Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge
	Brdovit teren	>60 (mph)		≥40 (mph)			
	Planinski teren	>60 (mph)		≥35 (mph)			
1994.	Ravničarski teren	>60 (mph)	2800 (PA/h/oba smera)	≥45 (mph)	% vozila koja voze u uslovima kolonske vožnje	Brzina (mph)	Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge
	Brdovit teren	>60 (mph)		≥40 (mph)			
	Planinski teren	>60 (mph)		≥35 (mph)			
1998.	Ravničarski teren	>60 (mph)	za 50%/50% po smerovima 2800 (PA/h/oba smera) za 100% u 1 smeru 1690 (PA/h/oba smera)	≥45 (mph)	% vozila koja voze u uslovima kolonske vožnje	Brzina (mph)	Veličina toka pri pojedinim nivoima usluge
	Brdovit teren	>60 (mph)		≥40 (mph)			
	Planinski teren	>60 (mph)		≥35 (mph)			
2000.	Klasa I	>90 (km/h)	1600 (PA/h/1 smer)	≤60 (km/h)	% vozila koja voze u uslovima kolonske vožnje	Brzina (km/h)	-
	Klasa II	-	1600 (PA/h/1 smer)	-		-	-
2010.	Klasa I	>60 (mph)	1600 (PA/h/1 smer)	≤40 (mph)	% vozila koja voze u uslovima kolonske vožnje	Brzina (mph)	-
	Klasa II	-	1600 (PA/h/1 smer)	-		-	-
	Klasa III	-	1600 (PA/h/1 smer)	-	-	-	% vozila koja mogu da voze konstantnom brzinom (ogran.)

3. METODOLOGIJE ZA PRORAČUN KAPACITETA I ODREĐIVANJE NIVOA USLUGE

3.1. Preporuke date u izdanjima HCM-a iz 1965.; 1985. i 1994. godine

U naslovljenim publikacijama, utvrđivanje sposobnosti deonica vangradskih puteva, sa realnim putno-saobraćajnim karakteristikama, da udovolje zahteve saobraćaja, zasnovano je na utvrđivanju veličine **praktičnog kapaciteta** posmatrane deonice i poređenje sa **veličinom vršnog časovnog toka** na posmatranoj deonici

3.1.1 Utvrđivanje veličine praktičnog kapaciteta i vršnog časovnog protoka

Veličine praktičnog kapaciteta za autoputeve i višetračne puteve utvrđuju se transformisanjem baznog kapaciteta osnovnog odseka u idealnim uslovima iskazano po sledećim formulama:

- HCM-1965.:

$C = 2000 \cdot N \cdot W \cdot T_c \quad [voz/h\ u\ oba\ smera]$

- HCM-1985.:

$C = 2000 \cdot N \cdot f_W \cdot f_{HV} \cdot f_P\ [voz/h\ u\ oba\ smera]$

- HCM-1994.:

$C = 2200 \cdot N \cdot f_W \cdot f_{HV} \cdot f_P\ [voz/h\ u\ oba\ smera]$ *za 4-tračne puteve*

$C = 2300 \cdot N \cdot f_W \cdot f_{HV} \cdot f_P\ [voz/h\ u\ oba\ smera]$ *za 6-tračne puteve*

Veličine praktičnog kapaciteta za dvotračne puteve utvrđuju se transformisanjem baznog kapaciteta osnovnog odseka u idealnim uslovima po sledećim formulama:

- HCM-1965:

$\mathrm{C} = 2000 \cdot \mathrm{W_C} \cdot \mathrm{T_C} \quad [\mathrm{voz/h}\ ],$

- HCM-1985:

$\mathrm{C} = 2800 \cdot \mathrm{f_d} \cdot \mathrm{f_W} \cdot \mathrm{f_{HV}} [\mathrm{voz/h}\ ],$

- HCM-1994:

$\mathrm{C} = 2800 \cdot \mathrm{f_d} \cdot \mathrm{f_W} \cdot \mathrm{f_{HV}} [\mathrm{voz/h}\ ].$

Utvrđivanje veličine vršnog časovnog toka vrši se deljenjem veličine merodavnog časovnog toka sa faktorom vršnog časa i iskazuje:

- za autoput i vešetračni put u (voz/h po smeru)
- za dvotračni put u (voz/h u oba smera)

3.1.2. Utvrđivanje nivoa usluge pri vršnom časovnom toku

Osnovni pokazatelji NIVOA USLUGE za autoput i višetračni put su:

- HCM-1965: veličina operativne brzine u (km/h),
- HCM-1985: veličina gustine toka u (PA/km/h),
- HCM-1994: veličina gustine toka u (PA/km/h).

Osnovni pokazatelji nivoa usluge za dvotračni put su:

- HCM-1965.: veličina operativne brzine u (km/h),
- HCM-1985.: % vremena provedenog u kolonskoj vožnji i operativna brzina u (km/h),
- HCM-1994.: % vremena provedenog u kolonskoj vožnji i operativna brzina u (km/h).

1.2.2. Preporuke date u domaćim publikacijama

U domaćoj stručnoj literaturi, pre svega u univerzitetskim udžbenicima iz 1979, 1989 i 2000. godine, postupci utvrđivanja sposobnosti vangradskih deonica puteva da udovolje zahteve saobraćaja, zasnivaju se na

poređenju praktičnog kapaciteta i vršnog časovnog toka, kao i analizi nivoa usluge pri vršnom časovnom toku na posmatranoj deonici puta.
Postupci dati u domaćoj stručnoj literaturi, u osnovi su isti kao i postupci koji su dati u američkim priručnicima za kapacitet puteva u izdanjima HCM od 1965. do 1994. godine, što se posebno odnosi na postupke date u HCM-1994. godine. U HCM-1994. date veličine baznog kapaciteta i brzina pri baznom kapacitetu, praktično su identične sa veličinama koje su date u domaćoj stručnoj literaturi iz 1979 - 1989, a i krive brzina - tok za osnovne odseke autoputa u BAZNIM uslovima, koje su date u HCM-1994. U znatnoj meri odgovaraju petorežimskom modelu o međuzavisnosti osnovnih parametara saobraćajnog toka. Isticanje podudarnosti postupaka datih u domaćim publikacijama sa HCM-1994. leži u činjenici što su se veličine baznog kapaciteta i brzina pri baznom kapacitetu koje su date u domaćim publikacijama bitno razlikovale u odnosu na preporuke iz izdanja HCM-1965. i HCM-1985.godine.
U domaćim publikacijama iz 1979 i 1989. god, veličine baznog kapaciteta i brzine pri baznom kapacitetu iznosile su:

Bazni kapacitet

- za autoputeve i višetračne puteve 2200 (PA/h po traci)
- za dvotračne puteve 2860 (PA/h u oba smera)

Brzina pri baznom kapacitetu

- za autoputeve >70 (km/h)
- za dvotračne puteve ≤60 (km/h)

Domaćim istraživanjima utvrđen je realniji znatno manji faktor kombinovanog uticaja uzdužnih nagiba i učešća teretnih vozila u toku na praktični kapacitet odseka 2-tračnih puteva. Prema HCM-1965 na specifičnim uzdužnim nagibima, za uspon 7% i dužine 6,4km, faktor ET iznosi 108, koji u kombinaciji sa 20%TV u toku na ovim odsecima praktični kapacitet svodi na 100 (vizila/h u oba smera). Sa promenom baznog kapaciteta od 2000 na 2200 (PA/h po traci) za autoputeve i višetračne puteve i od 2000 na 2800 (PA/h u oba smera) za dvotračne puteve, kao i sa korigovanim uticajem uzdužnog nagiba i % učešća TV na praktični kapacitet, rađene su studije opravdanosti na bazi kojih je svetska banka odobravala kredite za gradnju prvih deonica autoputeva u bivšoj SFRJ. Takođe je u izradi Studija opravdanosti, za projekte koje je kreditirala svetska banka, formulisan obrazac za proračun brzina toka u slučaju kada vršni časovni tok premašuje praktični kapacitet. Naime, s obzirom da svi u literaturi poznati empirijski obrasci za proračun brzine važe u domenu $q/C \leq 1$, u cilju utvrđivanja (približnih) brzina toka za prognozirani saobraćaj, koji je u vršnim časovima veći od praktičnog kapaciteta deonice puta, uveden je pojam zahtevani tok q_Z. Tako je definisan obrazac za proračun (približne) brzine toka i pri $q_Z/C > 1$, koji glasi:

$$V = \frac{V_c}{\frac{q_z}{C} + f_q} \; [km/h]$$

gde je:

- V - brzina toka,
- V_c - brzina toka pri kapacitetu,
- q_z - zahtevana veličina toka,
- f_q - korekcioni faktor u funkciji prekoračenja zahtevanog vršnog časovnog saobraćajnog toka u odnosu na kapacitet.

U HCM-1965. veličine baznog kapaciteta i brzine pri baznom kapacitetu iznosile su:

bazni kapacitet

- za autoputeve i višetračne puteve 2000 (PA/h po traci)
- za dvotračne puteve 2000 (PA/h u oba smera)

brzina pri baznom kapacitetu

- za autoputeve 30-35 (mph/h)
- za dvotračne puteve 30 (mph/h)

U HCM-1985. veličine baznog kapaciteta i brzine pri baznom kapacitetu iznosile su:

bazni kapacitet

- 2800 (PA/h u oba smera) pri opterećenju smerova 50%/50%
- 2o00 (PA/h u oba smera) pri opterećenju smerova 100% u jednom smeru

brzina pri baznom kapacitetu

- >45 (milja/h) za ravničarski teren
- >40 (milja/h) za brdovit teren

- >35 (milja/h) za planinski teren

3.2. Metodologija data u izdanjima HCM-a iz 1998, 2000 i 2010, za utvrđivanje sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja

3.2.1. Osnovni parametri

Za razliku od metoda datih u izdanjima HCM-a od 1965. do 1994., kao i metoda datih u domaćim publikacijama, prema kojima su, pri utvrđivanju sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, osnovni parametri bili:

- **praktični kapacitet** iskazan u (vozilima/h po smeru) za autoputeve i višetračne puteve, odnosno u (vozilima/h u oba smera) za dvotračne puteve
- **nivo usluge**.

U metodologiji HCM-a iz 1998, 2000 i 2010 godine, osnovni pokazatelji su:

- **nivo usluge** definisan gustinom toka iskazanom u (PA/milja/traci),
- **bazni kapacitet** iskazan u (PA/h po traci) za odgovarajuću klasu osnovnog odseka u baznim uslovima, kojoj je prilagođena posmatrana deonica, s obzirom na izračunatu slobodnu brzinu. bazni kapacitet pri oceni sposobnosti deonice puta da udovolji zahteve saobraćaja poredi se sa konvertovanom veličinom vršnog časovnog toka iskazanog u (PA/h po traci).

3.2.1. Postupak ocenjivanja

Postupak ocenjivanja sposobnosti deonica vangradskih puteva, sa realnim putno-saobraćajnim karakteristikama, da udovolje zahteve saobraćaja, koji je najpotpunije razrađen u HCM-2010., sprovodi se kroz određene korake:

- najpre se daju osnovni podaci o deonici posmatranog puta i o saobraćajnim tokovima na posmatranom putu,
- na osnovu ulaznih podataka o putu i saobraćaju, primenom odgovarajućih formula, utvrđuje se brzina slobodnog toka za posmatranu deonicu puta,
- na bazi izračunate brzine slobodnog toka, posmatrana deonica se prilagođava nekoj od klasa osnovnih odseka u baznim uslovima, za koje su u formi krivih brzina-tok i tabelarno dati reperni parametri nivoa usluge, pre svega brzine u slobodnom toku i bazni kapacitet.

Osnovni odseci u baznim uslovima prema krivim brzina-tok svrstani su u određene klase:

- za autoputeve i višetračne puteve u 4 klase
- za dvotračne puteve u 3 klase, odnosno u 5 klasa krivih brzina-tok.

Konvertovanje realnog mešovitog časovnog toka na posmatranom putu u vršni časovni tok iskazan u (PA/h traci) vrši se deljenjem realnog (mešovitog) časovnog toka sa proizvodom sledećih faktora:

- vršnog časovnog saobraćaja (FVS)
- broj traka po smeru (n)
- kombinovanog uticaja teških vozila i uzdužnog nagiba f_{HV})
- uticaja populacije vozača (f_P).

Utvrđivanje gustine toka, kao glavnog pokazatelja nivoa usluge za autoputeve i višetračne puteve, vrši se deljenjem konvertovanog vršnog časovnog toka sa srednjom brzinom toka iz odgovarajuće krive brzina-tok.

nivo usluge za dvotračne puteve utvrđuje se s obzirom na klasu kojoj pripada posmatrani put proračunom sledećih pokazatelja:

- za I klasu: po osnovu srednje brzine putovanja i % vozila koji su prinuđeni da voze u koloni;
- za II klasu: po osnovu % vozila koji su prinuđeni da voze u koloni;
- za III klasu: po osnovu % vozila u toku koji mogu da voze konstantnom (ograničenom) brzinom.

3.3. Značajnija ograničenja za primenu izložene metodologije preporučene u HCM 2010. godine

Za autoputeve postoji 11 ograničenja koja su navedena u HCM-2010. U najznačajnija ograničenja, u kojima preporučena metodologija nije primenjiva, spadaju:

- deonice na kojima su brzine manje od 55 (mph/h) i veće od 75 (mph/h)
- deonice na kojima vladaju uslovi prezasićenih tokova
- deonice na kojima postoje značajnija ograničenja brzina i ostala ograničenja, kao što su loše stanje kolovoza, radovi na putu i sl.

Najznačajnija ograničenja za dvotračne puteve su:

- metodologija ne važi za prigradske i gradske puteve u oblastima sa većim brojem signalisanih raskrsnica na udaljenjima $< 3{,}2$km,
- metodologija ne tretira puteve sa lošim stanjem kolovoza i sl.

4. DISKUSIJA O NAJZNAČAJNIJIM RAZLIKAMA U METODOLOGIJAMA KOJE SE PRIMENJUJU PRI UTVRĐIVANJU SPOSOBNOSTI DEONICA VANGRADSKIH PUTEVA DA ZADOVOLJE ZAHTEVE SAOBRAĆAJA

Prema izdanjima HCM-a od 1965 do 1994 godine, ocena sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, zasnovana je na:

1. Poređenju praktičnog kapaciteta posmatrane deonice puta sa vršnim časovnim tokom na posmatranoj deonici puta
   - praktični kapacitet se utvrđuje transformacijom baznog kapaciteta (PA/h po traci) odgovarajućeg osnovnog odseka puta u idealnim uslovima, i iskazuje u (vozilima/h po smeru) za autoput i višetračni put, a za dvotračni put u (vozilima/h u oba smera).
   - vršni časovni tok dobija se deljenjem časovnog toka sa faktorom vršnog časa, iskazan u istim jedinicama kao i praktični kapacitet.
2. Analizi nivoa usluge, koji je moguć pri vršnom časovnom toku, na posmatranoj deonici puta.

Prema izdanjima HCM-a iz 1998, 2000 i pre svega HCM-a 2010 godine, ocena sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, zasnovana je na:

1. Analizi nivoa usluge, koji je moguć pri vršnom časovnom toku, na posmatranoj deonici puta
2. Poređenju baznog kapaciteta iskazanog u (PA/h po traci) sa vršnim časovnim tokom iskazanom u (PA/h po traci), koji se dobija konvertovanjem mešovitog saobraćajnog toka, na posmatranoj deonici, deljenjem sa proizvodom broja traka, faktora vršnog časa, faktorom kombinovanog uticaja teških vozila u toku i uzdužnog nagiba puta, kao i faktorom populacije vozača.
   - bazni kapacitet se utvrđuje iz krive brzina-tok odgovarajuće klase osnovnog odseka puta u baznim uslovima, kojoj je prilagođena deonica posmatranog puta po osnovu izračunate slobodne brzine na posmatranoj deonici (odseku) puta,
   - vršni časovni tok iskazan u (PA/h po traci) utvrđuje se konvertovanjem mešovitog časovnog toka iskazanog u (vozila/h po smeru) na posmatranoj deonici puta, deljenjem sa proizvodom koga čine broj traka po smeru, faktor vršnog časa, faktorom kombinovanog uticaja teških vozila u toku i uzdužnog nagiba puta, kao i faktorom populacije vozača.

Rezultati analiza pokazali su da postoje značajne razlike u načinu definisanja osnovnih parametara u postupcima na osnovu kojih se vrši ocena sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve za protokom.

5. ZAKLJUČAK

Za pružanje adekvatnog odgovora na pitanje podobnosti primene osnovnih metodoloških postupaka, pri ocenjivanju sposobnosti deonica vangradskih puteva, sa realnim putno-saobraćajnim karakteristikama, da udovolje zahteve saobraćaja, najznačajniju ulogu imaju i putno-saobraćajne karakteristike puteva čija se sposobnost ocenjuje. Značaj uloge putno-saobraćajnih karakteristika u oceni podobnosti primene osnovnih metoda i kriterijuma, pri utvrđivanju sposobnosti deonica vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, leži u činjenici da za primenu osnovnih metodologija postoje određena ograničenja, upravo po osnovu putno-saobraćajnih karakteristika posmatrane deonice. Ova ograničenja se posebno odnose na primenu najsavremenije metodologije koja je preporučena u izdanju HCM-a iz 2010 godine.

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti:

U zemljama sa dobro razvijenom putnom mrežom, koja u znatnoj meri ispunjava visoke tehničke standarde i na kojoj se odvijaju vrlo intenzivni saobraćajni tokovi, u kojima putnički automobili učestvuju u toku sa preko 95%, najpodobniji postupci, parametri i kriterijumi, za ocenu sposobnosti vangradskih puteva da udovolje zahteve saobraćaja, definisani su u izdanju HCM-a iz 2010 godine.

1. U zemljama sa manje razvijenom putnom mrežom, u kojoj znatan deo vangradskih puteva, ako se izuzmu autoputevi, ne ispunjava visoke tehničke standarde, ili je sa lošim stanjem kolovoza, i na kojima se odvijaju saobraćajni tokovi sa učešćem teških vozila od oko i preko 10%, za ocenu sposobnosti puteva da udovolje zahteve saobraćaja, podobnost primene imaju:
   - Postupci, parametri i kriterijumi dati u HCM-2010, pre svega za deonice autoputeva i višetračnih puteva, kao i za deonice dvotračnih puteva koje po osnovu putno-saobraćajnih karakteristika ispunjavaju uslove za primenu ove metodologije,
   - Postupci, parametri i kriterijumi dati u HCM-1994., kao i u domaćoj publikaciji iz 2000. godine [9], pre svega za deonice vangradskih puteva koje ne ispunjavaju uslove ograničenja data u HCM-2010.

Literatura

[1] Highway Research Board, Highway Capacity Manual, Special Report 87, National Academy of Sciennce, Natioanal Research Council, Washington, D.C. 1965. USA.
[2] Transportation Research Board, Executive Comittee, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Natioanal Research Council, Washington, D.C. 1985. USA
[3] Transportation Research Board, Executive Comittee, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Third Edition, Natioanal Research Council, Washington, D.C. 1994 USA.
[4] Transportation Research Board, Executive Comittee, Highway Capacity Manual, Natioanal Research Council, Washington, D.C. 1998 USA.
[5] Transportation Research Board, Executive Comittee, Highway Capacity Manual HCM2000, Natioanal Research Council, Washington, D.C. 2000, USA.
[6] Transportation Research Board, Executive Comittee, Highway Capacity Manual, Volume 2:Uniteruptet Flow, Natioanal Research Council, Washington, D.C. 2010, USA.
[7] Kuzović Lj., Kapacitet i nivo usluge deonica puteva, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1989, Beograd.
[8] Kuzović Lj., Topolnik D., Kapacitet drumskih saobraćajnica, Građevinska knjiga,1989, Beograd
[9] Kuzović Lj., Topolnik D., Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica, Saobraćajni fakultet univerzitet u Beogradu, 2000, Beograd.

LAND SURVEY OF ROADS FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE

Vid Peterman
[1] *Modri Planet d.o.o., Lipovlci 100a, 9321 Beltinci, Slovenija, email: vid.peterman@modriplanet.si*

Summary: In this paper we present, how we use a quadrocopter unmanned aerial vehicle with a camera attached to it, to do low altitude photogrammetric land survey of roads. We use the quadrocopter to take highly overlapping photos of the area of interest. Ground control points are used to georeference the data. Further processing is applied to generate digital orthophoto map, digital surface model, digital terrain models and point cloud. Practical example of land survey of road from a UAV is presented in the paper. Further examples show the usefulness of low altitude photogrammetry for documentation of archaeological excavations and assessment of volumes of material. In the final analysis we conclude that low altitude photogrammetry can help bridge the gap between laser scanning and classic tachymetric survey, since it offers advantages of both techniques.

Key words: Unmanned aerial vehicles, Three-Dimensional, Pointcloud, Orthophoto, Digital terrain model

1. INTRODUCTION

In this paper we present, how we use a quadrocopter unmanned aerial vehicle with a camera attached to it, to do low altitude photogrammetric land survey of roads. We use the quadrocopter to take highly overlapping photos of the area of interest. A custom developed program 3Dsurvey is used to get parameters of camera orientations, and to generate a dense point cloud. Ground control points are used to georeference the data. Further processing is applied to generate digital orthophoto maps, digital surface models, digital terrain models, and assess volumes of various types of material. Practical example of land survey of roads from a UAV is presented in the paper. In the final analysis we conclude that low altitude photogrammetry can help bridge the gap between laser scanning and classic tachymetric survey, since it offers advantages of both techniques.

2. SURVEY OF ROADS FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE

2. Hardware used for data acquisition

To obtain aerial images we use a Microdrones MD4-1000 quadrocopter with an Olympus EP-2 camera mounted on in. The camera has an 18 mm 12 Megapixel sensor and a fixed length camera lens with a focal distance of 17 mm.

For georeferencing we use ground control points. They are signalized by black circular targets on a white background. To determine positions of ground control points we use a GNSS RTK system or a total station - depending on a situation.

2.1. Data acquisition

Two persons were required for data acquisition for each of the periodical measurements, a GNSS operator and a quadrocopter pilot. GNSS operator selected the positions for ten ground control points. He signalized them with black circular targets on white background, and determined their positions in Slovene coordinate system using a GNSS rover RTK system.

Meanwhile, the quadrocopter pilot prepared the UAV for take-off. The pilot manually lifted the UAV into the air. Once on the safe altitude, he switched the UAV from manual to autonomous mode, and the UAV began its pre-programmed 20 minute path over the area of interest.



Image 1. Altogether, the UAV took 68 images from the altitude of 80 meters. The images had an overlap of 66% both in the vertical and horizontal direction.
Source: (Modri Planet d.o.o.)

2.2. Image and data processing

To process aerial images and produce metric results a program 3Dsurvey was used. Images are first imported into the program. The image processing is fully automatic. The software operator only needs to mark three different ground control points on the images. These are used for georeferencing of the data.

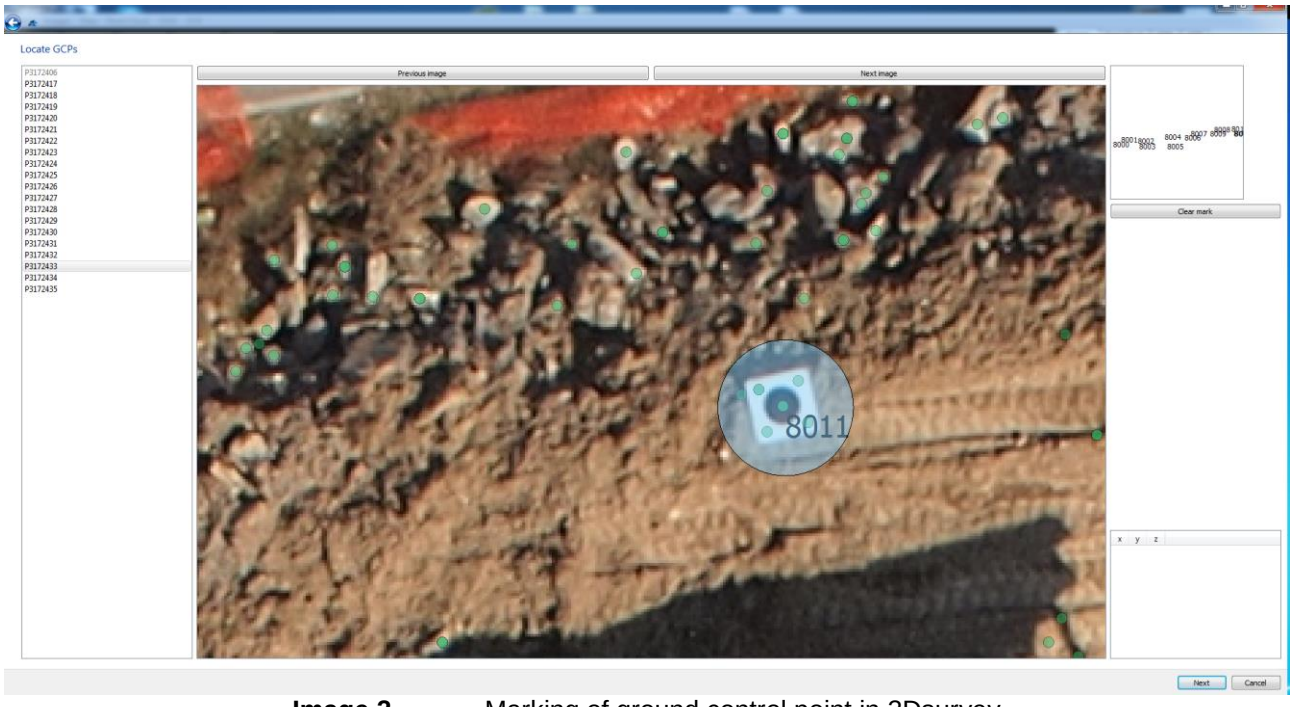


Image 2. Marking of ground control point in 3Dsurvey
Source: (Modri Planet d.o.o.)

A patch-based multi view stereo algorithm is implemented into the program in order to produce the point cloud of the area of interest. It computes a dense set of small rectangular patches that cover space visible in photos using supplied parameters from structure from motion algorithm. Stereo reconstruction is implemented as matching, expansion and filtering procedure. The result is a dense point cloud representation of recorded scenery.

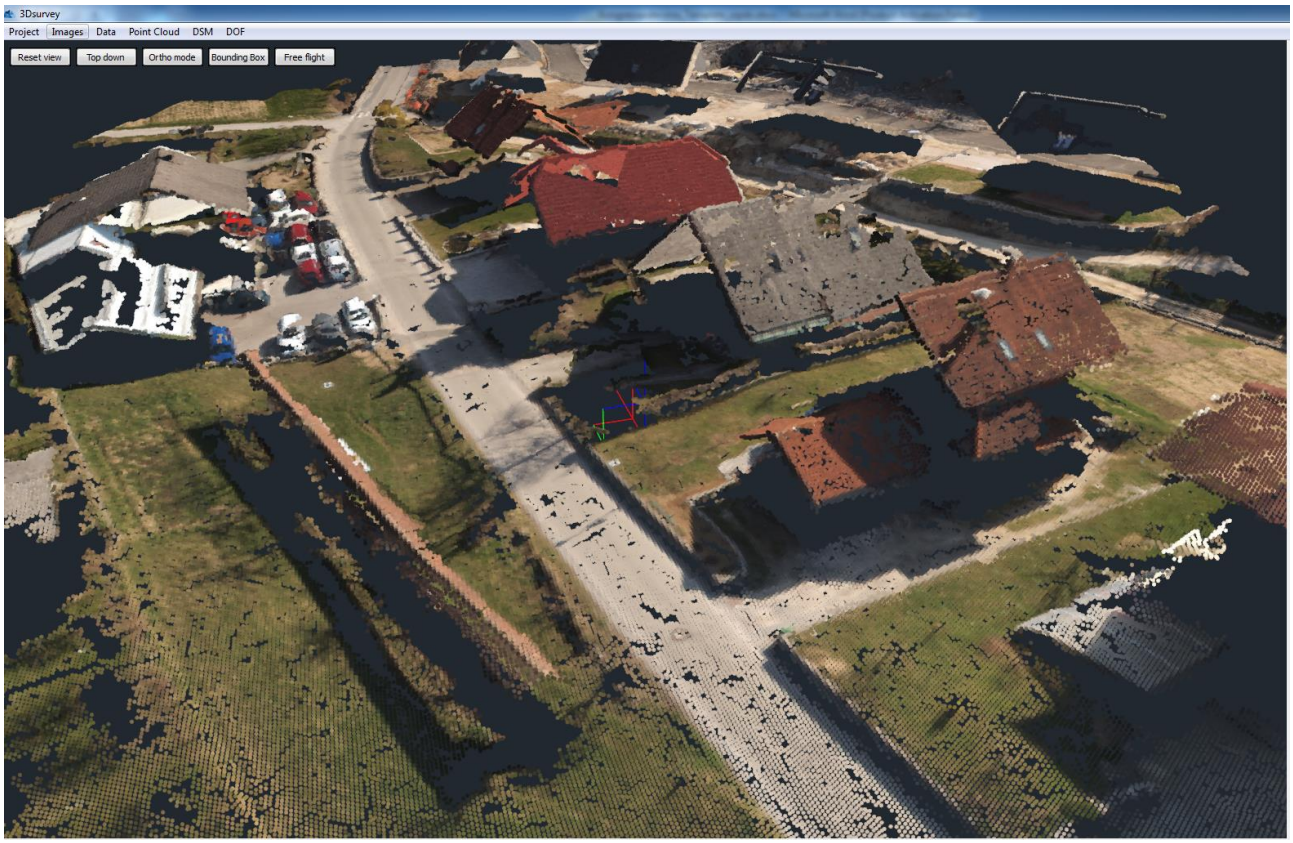


Image 3. 3D pointcloud with realistic colour
Source: (Modri Planet d.o.o.)

We use point cloud data to generate a digital terrain model (DTM) or digital surface model (DSM). The between the DTM and DSM is, that digital surface model includes terrain, buildings and vegetation, while digital terrain model only includes points belonging to the terrain.

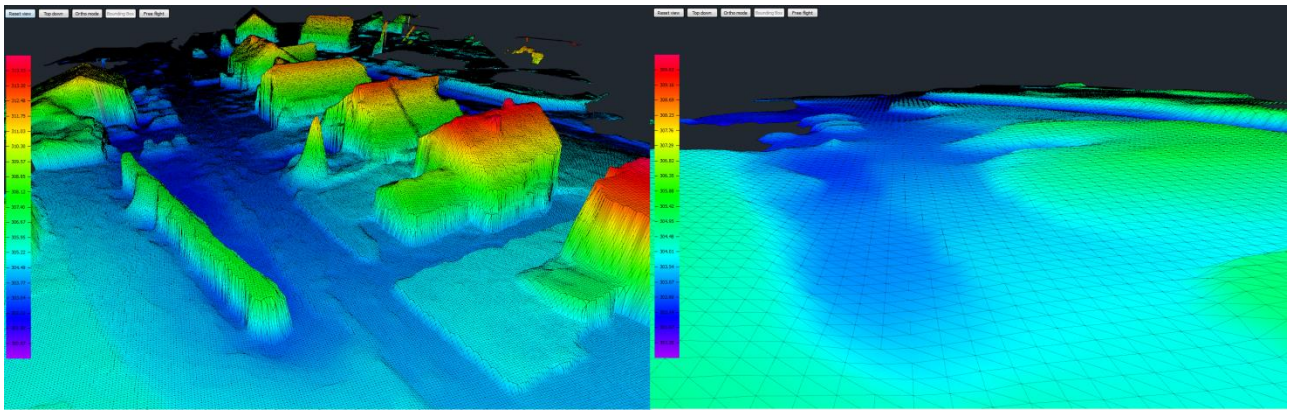


Image 4. Left - DSM (digital surface model), Rigth – DTM (digital terrain model)
Source: (Modri Planet d.o.o.)

Accurate digital terrain model is also needed in order to produce a high quality digital orthophoto map. An orthophoto map is a metric image mosaic comprised of a number of aerial photos. It offers a complete representation of the world. With high accuracy and high resolution (pixel sizes of up to 2 cm) it can be and is used for infrastructure planning.



Image 5. A subset of orthophoto map with ground pixel size of 3 cm
Source: (Modri Planet d.o.o.)

In Figure 5 a subset of orthophoto map is displayed. On the map sewer covers can easily be seen. This kind of information can simplify infrastructure planning process.

2.2. Accuracy assessment

For the purpose of accuracy assessment independent control measurements with a total station were conducted. Photogrammetric measurements were compared against control measurements.



Image 6. A subset of comparison of photogrammetric (ortho-photo) and control measurements
Source: (Modri Planet d.o.o.)

Based on the comparison the accuracy of photogrammetric measurements was assessed to be 4 cm in horizontal direction and 6 cm in vertical direction.

3. FURTHER EXAMPLES OF LAND SURVEY FROM UAV

3.1 Calculation of volumes of material

Low altitude photogrammetry proves very useful for measuring shapes of various piles of material. May it either be coal, sand, earth, rocks or anything of the sort, photos of it have a nice random texture and image matching algorithms work very well with it. If shape is measured at different times, volume changes can be calculated.

Furthermore, we will describe how we used our UAV system at Ljubljana Heating plant. The plant requires a yearly estimation of volume of coal supply. Coal is stored in two piles, measuring approximately 80 m by 150 m each.

Until now tachymetric geodetic measurements by a total station were used for generation of digital terrain model of coal supply. To define the shape of piles a 2m by 2m gird of points were signalised and measured. Such measurements took 2 days to complete. A total number of approximately 6000 points were determined in the process.

On the other hand, this year's photogrammetric measurements only took about three hours to complete. In this time 9 ground control points had been signalized and had its positions determined, plus 130 images have been recorded by our UAV system, and even some additional tachymetric control measurements by total station had been made to help assess the accuracy of generated DTM. The images were recorded from the height of 80m and had 66% overlap in vertical and horizontal direction.

Resulting point cloud consisted of 8 million points. From this point cloud a digital terrain model was computed. DTM grid size was selected to be 0.5 m. With a comparison of photogrammetric and control measurements an accuracy of DTM was assessed to be 4 cm.

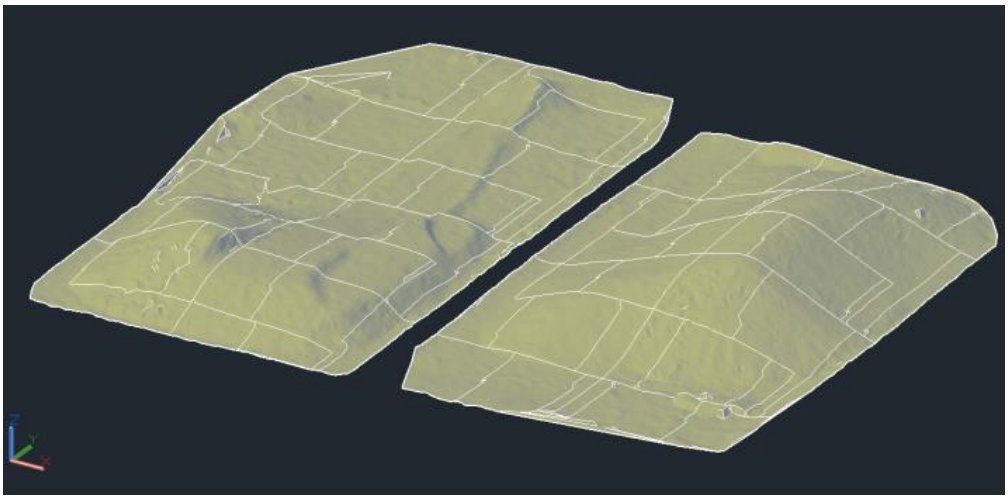


Image 7. Digital terrain models of heating plant's coal supply
Source: (Modri Planet d.o.o.)

Photogrammetric measurements took considerably less time than classical measurements took in the past. However, the measured point density had been far greater. That is why we were able to generate a DTM with a smaller cell size and elegantly measure the volume of coal supply.

3.2 Documentation of archaeological excavations

Low altitude photogrammetry is also very suitable for digital surface model generation. As such it is quite useful for documentation of archaeological excavations.

We had a privilege to work with a group of archaeologists, who had discovered ruins of a medieval castle on a hill above the city of Maribor. We used our UAV system to document their work.

Once the excavations had been finished, we took altogether 230 photos of the ruins from the altitude of 30 m above ground. We chose to fly so low, so that average pixel size in recorded photos would be less than 1 cm big (approx. 0.75 cm).

Of 230 photos recorded, 80 photos had been recorded from a vertical perspective, while the other 150 from tilted perspectives at 60 degree angle. The tilted perspectives had been included, so that the sides of the walls could also be documented.

From image data we generated a point cloud representation and an ortho-photo map of the ruins with a pixel size of 1 cm. Further on, we processed point cloud and generated a digital surface model of the ruins and used image data to generate a textured digital surface model.



Image 8. Textured digital surface model of the ruins
Source: (Modri Planet d.o.o.)

4. ANALYSIS

We believe low altitude photogrammetry can help fill the gap between classic tachymetric measurements and laser scanning. The technology offers the advantages of both techniques. For the price of classic tachymetric measurements, information can be obtained, which can be competed against that obtained by much more expensive laser scanning.

While experienced surveyors can determine positions of approximately 3 points per minute, can instead laser scanning and low altitude photogrammetry provide millions of points in less than one hour.

Finally these are contactless measurements which allow illustrious representation of natural or manmade environment. We can use them to get information from places which cannot be easily (or safely) accessed, like highways or rocky cliffs. Since the measurements do not interfere with traffic of work processes, can we use low altitude photogrammetry to offer elegant control measurements of quarries, landfills, highways or roads.

Literatura

[1] Zhang, C. An UAV-based photogrammetric system for road condition assessment Geographic Information Science Center of Excellence (on-line) available at: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/5_pdf/109.pdf (20.04.2014)

[2] Eisenbeiss, H. The autonomous mini helicopter: A powerful platform for mobile mapping Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich (on-line) available at: http://www.isprs.org/proceedings/xxxvii/congress/1_pdf/168.pdf (20.04.2014)

[3] Niethammer, U. UAV-based remote sensing of landslides Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010 (on-line) available at: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/5_pdf/109.pdf (20.04.2014)

[4] Grenzdörffer, G.J. The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture Commission I ICWG I/V - ThS-23 (on-line) available at: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/206.pdf (20.04.2014)

Стратегија развоја путног транспортног система

Road Transport System: Development Strategy

2

PRILOG ISTRAŽIVANJU METODOLOGIJE ZA IZRADU STRATEGIJE RAZVOJA, ODRŽAVANJA I REHABILITACIJE CESTA

Prof.dr.sc. Mehmed Bublin, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet, Patriotske lige 30 Sarajevo
Doc.dr.sc. Mirza Pozder, dipl.ing.građ.[1]
Građevinski fakultet, Patriotske lige 30 Sarajevo, pozder.mirza@hotmail.com
V.ass.mr.sc. Suada Džebo, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet, Patriotske lige 30 Sarajevo, suada.dzebo@gf.unsa.ba

Rezime: *Oblikovanje strategije rezvoja, održavanja i rehabilitacije cesta zahtjeva sposobnost prepoznavanja dinamike saobraćajnog i društvenog sistema.*
U okviru rada analizirane su bitne konponente metodlogije izrade strategije kao što su baze podataka, finansiranje, prekategorizacija i društveno - ekonomski pokazatelji.
U radu su tretirana i pitanja SWOT analize, ciljeva razvoja saobraćaja, izbor kriterija za višekriterijalno vrednovanje i izbor prioriteta intervencija.
Istraženi su kriteriji za održavanje cesta i načela održavanja kao i kriteriji za realizaciju strategije, te akcioni planovi i elementi monitoringa.
U zaključcima se daju ključna načela i elementi strategije razvoja, održavanja i rehabilitacije cesta.

Ključne reči: *strategija, razvoj, ceste, održavanje, rehabilitacija.*

1. UVOD

Održiva cestovna infrastruktura utiče na ekonomski i društveni razvoj na način da se poboljšava mobilnost i pruža adekvatan pristup ljudima i robama lokacijama od značaja za ekonomiju i društvo. Privredni razvoj jedne zemlje usko je povezan sa razvojem infrastrukture. Razvijanje infrastrukture se smatra sastavnim dijelom ukupne privredne aktivnosti.
Koncepcija razvoja mreže javnih cesta treba da ukaže na sliku budućeg stanja koje se želi ostvariti. Najvažniji elementi koncepcije razvoja cestovne mreže nekog područja čine elementi i to:

- povezivanje unutar državnog teritorija,
- povezivanje sa drugim državama i uključivanje u transevropske koridore,
- aspekti kvaliteta i kvantiteta cestovne mreže,
- finansiranje cesta,
- regionalni aspekti razvoja,
- upravljanje cestama,
- održavanje cesta,
- rehabilitacije cesta,
- uticaji na okoliš i dr.

Koncepcija razvoja cesta u cjelini bazira se na izradi strategija razvoja, održavanja i rehabilitacije cesta. Određuje ciljeve i osnovne zadatke za određeni vremenski period.
Dosadašnji pristup razvoja cesta baziran je na godišnjim programima koji nisu bili konzistentni sa dugoročnom politikom prostornog i ekonomskog razvoja. Strategija zahtjeva sposobnost dugoročnog prepoznavanja dinamike prostornih, ekonomskih, društvenih i okolinskih procesa te sposobnost za blagovremeno djelovanje. Strategija je ustvari most između vizija i akcija.
Strateško planiranje je kontinualan i dinamičan proces, putem kojih se identifikuju potencijali i ograničenja, kao i unutrašnje i vanjske snage, koje mogu predstavljati prijetlnju budućnosti. Putem ovog planiranja uspostavljaju se prioriteti i razvijaju akcioni planovi za postizanje određenih rezultata u datom vremenskom roku.
Osnovni ciljevi donošenja strategija su:

- razvoj cesta shodno potrebama stanovništva i privrede; Ovaj cilj se realizuje kroz izradu studije saobraćaja na osnovu društveno ekonomskih aktivnosti (socio-ekonomskih faktora),
- otklanjanje nedostataka na elementima cesta shodno propisima,
- organizovanje redovnog održavanja cesta shodno Smjernicama za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na cestama,
- rehabilitaciju i rekonstrukciji cesta koja se vrši prema projektima koje treba uraditi za ove potrebe,
- smanjenje impakata na okolinu koje se provodi kroz projekte rekonstrukcije i rehabilitacije

[1] Autor zadužen za korespodenciju: email pozder.mirza@hotmail.com

regionalnih cesta.
- analiza saobraćajnih nezgoda kroz organizovan pristup praćenja nezgoda i poduzimanje mjera saglasno istraživanju na elementima ceste.
- razvijanje permanentno sistema upravljanja cestama ažurirajući baze podataka, razvoj organizacija, softverskih alata i monitoringa.
- permanentan rad na novelaciji i izradi novih planova, strategija i programa.
- marketinški konstantan rad na obezbjeđenju odgovarajućeg nivoa sredstava za redovno i investiciono održavanje cesta i njihovu rekonstrukciju.

2. OSNOVNI SAOBRAĆAJNO – PROSTORNI PARAMETRI POTREBNI ZA IZRADU STRATEGIJA

2.1. Tehničke karakterstike cesta i baze podataka

Prvi korak u izradi strategije je prikupljanje tehničko – ekplsoatacionih karakterstika cesta i uspostavljanje geoprostornih baza podataka. Prikupljeni podaci o cestama ukazuju na zatečeno stanje i omogućuju, u daljem toku, rangiranje po prioritetima intervencija na cestama. Kroz parametre cesta nužno je sagledati sljedeće i to:
- brzine kao jedan od najvažnijih pokazatelja kvaliteta cesta.
- zakrivljenost je jedan od značajnih pokazatelja kvalitete saobraćajne mreže a njene karakterstike su vezane za brzinu i sigurnost u saobraćaju.
- uzdužni nagibi, kao i horizontalne krivine, utječu znatno na troškove saobraćaja, kapacitete i nivo usluge.
- širine kolovoza koji utiču na troškove saobraćaja, kapacitete i nivo usluge i dr.
- stanje kolovozne površine preko indeksa ravnosti, defleksija, kolotraga i generalno ostalih vidova oštećenja, kao i identifikacija prisustva makadamskih kolovoza,
- stanje mostova,
- stanje propusta,
- stanje potpornih zidova,
- stanje tunela,
- stanje vertikalne i horizontalne signalizacije,
- stanje odvodnje,
- stanje ostale saobraćajne opreme i dr.

Uspostavljanjem geoprostorne baze podataka sa gore navedenim parametrima stvaraju se pretposavke kako za izradu dugoročnih strategija, tako i za upravljanje cestama u cjelini. Naravno pored uspostavljanja baza podataka ključni faktor u sistemu upravljanje – baze podataka predstavlja ažuriranje istih, naročito onih parametara koji se mijenjaju u vremenu, nakon intervencija (intervencije na kolovozu, proširivanja kolovoza, sanacije objekata, opravke saobraćajne signalizacije i dr.).

2.2. Društveno ekonomski razvoj i socio – ekonomski faktori

U projekcijama brojčanog razvoja stanovništva osnovicu čine dvije bitne komponente:
- procjena kretanja vitalnih komponenata stanovništva (natalitet i mortalitet),
- procjena migracionog faktora i njegov utjecaj na brojčani i strukturni razvoj stanovništva teritorija.

Ove vitalne komponente su sučeljene i sa drugim komponentama razvoja kao što su projekcije razvoja i strukture privrede.
Na osnovu prednjih elemenata utvrđuju se projekcije brojčanog rasta stanovništva.
Pored ovog faktora bitne elemente čine i stanje privrede i stepen motorizacije, jer su svi pokazatelji saobraćaja, odnosno potreba usko povezani sa istim.
Prognoze rasta saobraćaja baziraju su na:
- dosadašnjem razvoju saobraćaja
- razvoju stanovništva i ekonomije
- razvoju saobraćaja u Evropi i regiji.

2.3. Prostorne karakterstike cesta

Za vrednovanje razvoja cesta važni su prostorni kriteriji. Postoji uzajamna veza (korelacija) između prostornog razvoja i razvoja cesta. Ova veza je dvostrana, jer sa jedne strane za razvoj određenog prostora nužne su savremene ceste, a jednom kada se uspostavi cestovna mreža ona znatno utječe na gustinu stanovništva, zaposlenost i stepen motorizacije.
Zbog svega navedenog, u analize prilikom izrade strategije moraju se uključiti i aspekti prostornih pokazatelja koji su u korelaciji sa razvojem cesta, a to su:

- gustina naseljenosti,
- stopa zaposlenosti,
- stepen motorizacije.

2.4. Karakterstike saobraćajne sigurnosti

Dugi niz godina, istraživači su težili da ocjene utjecaj pojedinih parametara ceste na sigurnost saobraćaja. Osnovni uticajni elementi saobraćajnica na sigurnost saobraćaja su:

- sposobnost vozača da zadrži kontrolu nad vozilom i uoči opasnost, najbitnije utječu elementi ceste, kao što su: širina saobraćajnih traka, elementi situacionog plana, dužina preglednosti, vitoperenje kolovoza i stanje površine kolovoznog zastora,
- broj i vrsta mogućih konflikata između vozila; najbitnije utječu elementi ceste, kao što su kontrola pristupa raskrsnici, broj voznih traka i razdjelni pojas,
- utjecaji koji za posljedicu imaju napuštanje vozne trake zbog gubitka kontrole nad vozilom (izljetanje vozila s ceste). najbitnije utječu elementi ceste, kao što su tip i širina bankine, stanje ivice kolovoznog zastora, ivični pojas ceste, nagib kosina i odbojne ograde,
- ponašanja i pažnja vozača, posebno na izbor brzine vožnje vozača; praktično utječu svi elementi ceste i okruženja.

Na osnovu prikupljenih podataka o broju saobraćajnih nesreća, broju poginulih i povrijeđenih na pojedinim dionicama cesta, te na osnovu protokola, izrađuju se mape koje označavaju sigurnosne performanse cesta, odnosno rizik od smrtnosti i povrjeđivanja na datim dionicama cesta. Na osnovu kreiranih mapa rizika, vrši se rangiranje najsigurnijih i najopasnijih dionica cesta, prema stepenu individualnog i kolektivnog rizika na određenom području.

2.5. Istraživanje saobraćaja

Sa ciljem sagledavanja saobraćajnih potreba nephodno je uspostaviti sistem konstantnog monitoringa saobraćajnog opterećenja na cestovnoj mreži na principu kontinualnoj brojanje saobraćaja (brojači) te povremenog (brojači i ručna brojanja).
Princip snimanja i obrade podataka saobraćaja prezentuju se sa:

- opštim podacima o dionicama cestovne mreže,
- prosječnim godišnjim dnevnim saobraćajem (PGDS),
- strukturom saobraćajnog toka,
- PGDS-om i opterećenjem pojedinih kategorija vozila,
- vremenskom neravnomjernosti na reprezemtativnim lokalitetima,

Na osnovu veeć ranije urađenih projekcija rasta saobraćaja potrebno je vršiti simulacije saobraćaja u projektnim periodima, kako bi se sagledale i saobraćajne potrebe po vremenskim periodima.

3. FINANSIRENJE CESTA

Osnovni prihodi za finansiranje cestovne infrastrukture regulisani su Zakonima o cestama, a najvažniji su:

- prihodi od indirektnih poreza koji pripadaju direkcijama cesta ili generalno upravljačkim strukturama,
- naknade za upotrebu cesta što se plaćaju pri registraciji motornih vozila,
- ostali prihodi.

Shodno Zakonima o cestama rashodi se raspoređuju na:

- redovno održavanje cesta,

- zimsko održavanje cesta,
- rehabilitaciju kolovoza,
- troškove funkcionisanja,
- održavanje i postavljanje saobraćajne signalizacije,
- održavanje pružnih prelaza,
- izrade projektne dokumentacije,
- sanaciju klizišta,
- izgradnju ili rekonstrukciju autobuska stajališta,
- troškove saglasnosti i otkupa zemljišta,
- troškove nadzora,
- troškove revizija,
- sanacija i održavanje objekata,
- rezervne troškove i dr.

Mjere za realizaciju prihoda bi se sastojale u sljedećem:

- insistirati na potpunoj realizaciji naknada za ceste u dijelu koji se odnosi na putarine koje se plaćaju pri prometu derivata nafte,
- obezbijediti uslove za redovno dobivanje grantova,
- stvoriti uslove da se za kapitalna ulaganja u infrastrukturu, odnosno ceste obezbijede iz sredstava u budžetima,
- posebne aktivnosti treba provesti za dobivanje povoljnijih kredita od strane Svjetske banke, Evropske investicione banke i Evropske razvojne banke. Ovi krediti su povoljni naročito za infrastrukturne objekte, jer su dugoročni sa većim grejs periodom i sa minimalnim kamatama i dr.

4. SWOT ANALIZA RAZVOJA CESTA

SWOT analiza polazi od procjena utjecaja vanjske i unutrašnje okoline na mogućnost razvoja cesta. Vanjska okolina je van kontrole aktera upravljanja razvojem cesta, dok je unutarnja okolina pod utjecajem aktera upravljanja razvojem cesta.

Osnovni smisao SWOT analize kao alata strateške analize, je da se maksimiziraju utjecaji prilika, a preveniraju utjecaji prijetnji odnosno da se grade snage, a otklanjaju slabosti vezane za razvoj cesta.

Tabela 1. *SWOT analiza*

PRILIKE	PRIJETNJE
Prespektive ekonomskog rasta i potražnje za transportom Politička stabilnost u EU i NATO integracije Blizina velikog evropskog tržišta Veća posvećenost okolinskog održivosti i sigurnosti saobraćaja Razvoj autocesta i brzih cesta i povezivanje preko ostalih cestovnih pravaca sa njima Trend povećanja motorizacije i mobilnosti Pristup stabilnih sredstava finansiranja	Zastoj u EU integracijama Devastacija okoline i porast nesigurnosti u saobraćaju Spor oporavak od globalne recesije i zaostanak potpore fondova za razvoj cesta Kriminal i korupcija Protekcionalizm i intervencionalizam u saradnji
SNAGE	**SLABOSTI**
Raspoloživost određenih resursa i upravljačkih sposobnosti Sposobnost osiguranja rasta ekonomije Solidan kapacitet zaduživanja za rehabilitaciju cesta Privlačnost za domaća i strana ulaganja Konsenzus na lokalnim nivoima o nedostatcima u razvoju infrastrukture Efikasnost u realizaciji projekta	Zastoj u ekonomskom razvoju zemlje Niska konkurentnost lokalnih zajednica u ekonomskom razvoju, Nedostatak strategije razvoja cesta Niska socijalna kohezija Nezaposlenost i siromaštvo Neadekvatna saobraćajna politika Nizak nivo sredstava za održavanje i rehabilitaciju cesta Zastoj u razvoju realnog sektora privrede

Izvor: (2)

SWOT analiza pokazuje da postoji razuman odnos između pojedinih utjecaja u vanjskoj i unutrašnjoj okolini, što potiče generiranje tražnje za transportom. Međutim, izazov je kako te utjecaje usmjeriti na razvoj cesta. Za suočavanje s ovim izazovom neophodno je razviti strateški marketing aktera upravljanja razvojem cesta, koji bi omogućio da se potencijalna sredstva iz raznih izvora usmjere na razvoj cesta.

5. IZBOR PRIORITETA I STRATEGIJA INTERVENCIJA

Jednokriterijalno ili intuitivno odlučivanje u sadašnjem vremenu može samo slučajno biti ispravno, kako zbog složenih relacija (ekonomija, socijalni aspekti, prostor, okolina) i interaktivnih odnosa, tako i zbog činjenice da do sada dominirajući kriteriji – profit, tj. dohodak u većini sadašnjih problema investiranja je izjednačen sa kriterijima, kao što su, npr. puna zaposlenost, minimalni trošak energije, tehničko – tehnološka pouzdanost, okolinska sigurnost i sl.
Cestovne saobraćajnice spadaju u investicijske projekte koji su veoma skupi, a mogu imati značajne direktne (saobraćajno – ekonomske) efekte, kao i indirektne (socijalne, ekonomske, prostorne, okolinske). Stoga, izbor najpovoljnijeg rješenja nije moguć bez primjene multikriterijske analize na osnovu koje se dobijaju prioriteti intervencija.
Kao primjer kriterijumskih funkcija mogu se koristiti slijedeći parametri:

- uzdužni nagibi,
- putna brzina,
- širine kolovoza,
- ukupna dužina trase u krivinama,
- ograničenja brzina odnosno prolaz kroz naseljena mjesta,
- Stanje kolovozne površine,
- PGDS,
- stanje mostova,
- stanje propusta,
- broj stanovnika po površini koje gravitira određenoj cesti,
- saposlenost po broju stanovništvu koje gravitira određenoj cesti,
- stepen motorizacije,
- stepen težine saobraćajnih nesreća i dr.

Težine kriterija za multikriterijalnu analiza je moguće kreirati za slijedećih pet scenarija:

- scenarij 1: jednake težine za sve kriterije,
- scenarij 2: tehnički kriterij,
- scenarij 3: stanje kolovozne konstrukcije,
- scenarij 4: prostorni kriterij,
- scenarij 5: saobraćajno opterećenje i nesreće.

Ovakvim izborom težina, odnosno postavljanjem scenarija se eliminište subjektivnost prilikom donošenja odluka a upravljaču cestama se daje mogućnost izbora prema vlastitim potrebama.
U upravljanju cestama postavljaju se pitanja kod izbora prioriteta intervencija „gdje i zašto“. Na ova pitanja može se doći preko rangiranja prioriteta, odnosno multikriterijalnim vrednovanjem.
Međutim, odgovor na pitanje „kako i kada“ vršit intervencije vezan je za izbor strategija intervencija, vremenskog perioda realizacije i trajanja efekata intervencija.
Intervencije na kolovoznim konstrukcijama, objektima (mostovi i tuneli), kosine, crne tačke, prolazi kroz gradove mogu biti realizovane na različite načine koji utiču i na rok trajanja intervencije (cijena koštanja), a time i na vremenski tok realizacije intervencije.

Na kolovoznim konstrukcijama intervencije se mogu realizovati kroz:

- sanaciju (poboljšanje) površinskih karakteristika,
- ojačanje (presvlačenjem),
- zamjena postojeće kolovozne konstrukcije,
- rješenjem problema odvodnje.

Kod objekata intervencije mogu biti:
- na sanaciji odvodnje, dilatacija i kolovoza,
- ojačanju konstrukcije,
- zamjeni mostovnih konstrukcija.

Intervencije na kosinama mogu biti:
- proširenje profila puta,
- saniranju klizišta,
- izrada potpornih zidova i obložnih zidova,
- izrada drenaže,
- površinska zaštita (mreže, torkretiranje i ankerisanje i ozelenjavanje).

Prolazi kroz gradove mogu se rješavati:
- izgradnjom obilaznica (van urbanog područja),
- izgradnjom tranzitnica (unutar urbanog područja),
- proširenjem profila postojećih saobraćajnica.

Poboljšanje sigurnosti saobraćaja može se rješavati:
- saobraćajnom signalizacijom,
- promjenom nagiba kolovoza, površinskih karakteristika i odvodnjom,
- rekonstrukcijom saobraćajnica (promjenom elemenata saobraćajnice).

Poboljšanje nivoa usluge, kapaciteta i brzine može se rješavati:
- poboljšanjem karakteristika kolovoza i odvodnje,
- rekonstrukcijom pojedinih elemenata saobraćajnice,
- obilaznicom gradova (naselja),
- otklanjanjem nedostataka na objektima, kosinama.

Kao metode multikriterijalnog vrednovanja mogu se koristiti metoda Electra, Promethee, Vikor i dr.

Danas se u praksi upravljanja cestama koristi HDM – 4 model.
HDM-4 (Highway Development and Management) je tehničko-ekonomski model koji služi za vrednovanje i izbor optimalnih varijanti građenja, rehabilitacije i održavanja cesta, sa aspekta minimizacije troškova građenja i održavanja te minimizacije troškova korisnika cesta, zbog razvoja i upravljanja cestama. HDM je, kao model, razvila je Svjetska Banka iz Washingtona. Razvoj modela od verzije I. do verzije III. namjenjem je cestama zemalja u razvoju. Posljednjih su godina i mnoge industrijske zemlje počele koristiti HDM model kao alatom za ispravno upravljanje cestama.

Podprogrami za ekonomske analize HDM-4 su:
- analiza na nivou projekta,
- analiza programa radova,
- analiza na nivou cestovne mreže – strateško planiranje.

Analiza na nivou projekta sastoji se od održavanja i rekonstrukcije postojeće ceste, projekta proširenja ili promjene geometrijskih karakteristika ceste, pojačanja kolovoza ili izgradnje nove ceste. Analiziraju se pojedine varijante investiranja za pojedinu dionicu ili trasu ceste uzimajući u obzir strategije koje je odredio korisnik, povezano s koristima i troškovima koji se iskazuju za svaku godinu analiziranog projektnog perioda.
U okviru programiranja radova analizira se priprema programa rada u kojem se opcije za investiranje razmatraju i biraju u zavisnosti od financijskih ograničenja. Cestovna se mreža analizira po dionicama, a procjena rezultuje količinom radova na cesti i zahtjevima za troškovima svake dionice tokom razdoblja financiranja, koje je uglavnom kraće od 5 godina.

Strateško planiranje obuhvaća analizu odabrane cestovne mreže kao cjeline. Predviđaju se troškovi razvoja i održavanja cestovne mreže za srednjoročni i dugoročni period između 5 i 40 godina. Cestovna mreža opisuje se dužinom cesta u pojedinim kategorijama parametara kao što su vrsta zastora kolovoza, stanje kolovoza, saobraćajni tokovi i dr.

6. PREKATEGORIZACIJA CESTA

U okviru dinamičkog sistema razvoja cesta potrebno je permanentno usklađivati strukturu cesta.
Tako je potrebno, pored izgradnje cesta najvišeg ranga (autocesta i cesta za brzi saobraćaj), vršiti prekategorizaciju ostalih cesta.
Prekategorizacija se bazira na analizama društveno-ekonomske opravdanosti i provođenjem odgovarajućih rasprava sa zainteresiranim institucijama. Mrežu cesta treba tretirati kao dinamički sistem koji se mijenja saglasno promjenama sistema aktivnosti i prostorne organizacije. Potrebno je i zakonima utvrditi kriterije na osnovu kojih se vrši prekategorizacija.

7. MONITORING I EVALUACIJA STRATEGIJE

Proces realizacije strategije zavisi od elemenata vanjskog i unutrašnjeg okruženja. Faktori na koje se može utjecati zasnovani su na razvoju upravljačkog okruženja.
Kroz monitoring i implementaciju osigurat će se praćenje svih programa, projekata, mjera i ciljeva, kao pravovremeno i potpuno informiranje vlada, civilne i političke zajednice.
Na taj način će se osigurati tri tipa monitoringa i to:

- monitoring aktivnosti i rezultata,
- monitoring napretka i upravljanja, i
- monitoring operativnog okruženja.

Potrebno je osigurati adekvatan plan praćenja realizacije strategije.
Monitoring se sastoji od:

- monitoringa aktivnosti, rezultata i efekata, i
- monitoringa progresa u upravljanju.

Monitoring aktivnosti, rezultata i efekata vrši se na kombinovanoj kvalitativno – kvantitativnoj osnovi. Indikatori napretka trebajui se definisati i sistematizovati kao specifični i opći, omogućavajući komparaciju sa onim što se očekivalo, te na temelju toga definisanje i poduzimanje konkretnih mjera.
Rezultati monitoringa koristit će se u pripremi budžeta za finansiranje razvoja cesta, a apliciraju prema fondovima, programima, projektima i nastupima na konferencijama pred potencijalnim investitorima, zatim u pripremi planskih i programskih dokumenata i dr.
Karakteristike praćenja i evaluacije strategije je: kontinuitet, sistematičnost, kombinirane kvalitativno – kvantitativne analize, transparentnost, participacija i partnerstvo.
U ovom kontekstu pripremaju se: analize i izvještaji, projekti i drugi dokumenti.
Forme istraživanja i prezentiranja monitoringa su: radionice, okrugli stolovi, predavanja, emisije i intervjui u printanim i elektronskim medijima.
Predpostavke za uspješan monitoring su:

- kvalitetna i pouzdana statističko – dokumentaciona osnova,
- posvećenost za ostvarenje strategije, i
- kontinuitet u planiranju.

U okviru upravljačkog sistema neophodno je:

- obezbjediti ažurnu bazu podataka o elementima cesta, saobraćaju, saobraćajnim nezgodama, izvorima sredstava i okolinskim aspektima,
- pripremiti strategije, planove, programe i projekte rehabilitacije i rekonstrukcije cesta,
- razviti alate za manipulaciju bazom podataka i donošenja odluka o prioritetu intervencija na bazi objektiviziranih procedura,
- formirati organizaciju koja će imati stručnjake za pojedine oblasti koje se tretiraju strategijom i programima rada,
- obezbjediti monitoring, odnosno kontrolu realizovanih zadataka, kao i odgovarajuće rasprave o postignutim rezultatima.

Proces kreiranja strategije je dinamičan proces, zasnovan na postojanju međuzavisnosti elemenata vanjskog i unutrašnjeg okruženja, faktora razvoja, ciljeva i kriterija razvoja, implementacije i performansi ostavrenja ciljeva, te postojanju korektivnih mjera za djelovanje u pravcu ostvarenja postavljenih ciljeva. Kao svaki složeni sistem strategija je izložena djelovanju povratnih sprega preko kojih sistem teži uspostavljanju ravnoteže i ostvarenju postavljenih ciljeva.

8. REALIZACIJA STRATEGIJE

Realizacija strategije treba da se provodi kroz akcijskijske planove.
Akcijskim planovima se objedinjuju rezultati prethodnih koraka u strateškom planiranju u koji sadrže sve bitne informacije potrebne za prezentiranje i praćenje izvršenja plana. Realizacija strategije sastoji se od sljedećih koraka:

- određivanje dinamike razvoja cesta (izgradnja, rekonstrukcija i održavanje) odnosno određivanje dužine cesta koje će biti potrebno izgraditi i održavati svake godine;
- utvrđivanje dionica cesta koje će se graditi i održavati za jednu godinu,
- izrada projekata cesta (za koje bude potrebe),
- rješavanje imovinsko pravnih odnosa,
- obezbjeđenje budžetskih sredstava,

9. ZAKLJUČAK

Da bi smo kreirali budućnost razvoja, održavanja i rehabilitacije cesta između različitih vizija budućnosti i mogućnosti njihovog ostvarenja, neophodna nam je strategija.
Svijet 21. stoljeća suočava se sa velikim izazovima koje donosi globalizacija. Brz tehnološki razvoj omogućio je povećanje mobilnosti ljudi i kapitala, bržu komunikaciju među ljudima, povećanje trgovine i velike mogućnosti za veliki i društveno – ekonomski razvoj. Istovremeno povećavaju se i globalne finansijske krize, okolinski problemi i siromaštvo. Sve ove promjene takvog su karaktera da se od njihovih uticaja ne možemo izolovati, ali se možemo pripremiti, tako da ih respektujemo kod kreiranja ciljeva, vizija i strategija razvoja, održavanja i rehabilitacije cesta.
Ako uočimo promjene i izazove koji na očekuju moguće je da kvalitetno definišemo strategije i unaprijedimo razvoj cesta. Za ovo nam je potrebno da imamo osnovna saznanja o trendovima i procesima razvoja u okruženju, da imamo kvalitetne baze podataka i savremene informatičke tehnologije za tretiranje podataka. Na ovaj način kreiraćemo platformu za adekvatno upravljanje razvojem, održavanjem i rehabilitacijom cesta.
U okviru referata dat je prilog za razvoj metodologije izrade strategije razvoja, održavanja i rehabilitacije cesta.
Ova oblast je dinamičan sistem koji zahtjeva permanentna unaprijeđenja, ažuriranje podataka i razvoj novih alata za obradu i tretman podataka kako bi se permanentno unaprijedio sistem planiranja.

Literatura

[1] Sršen, M., Kršić I., Domandžić M. (2002). *Gospodaranje županijskim cestama primjenom HDM- 4 modela*, Građevinar 54: 23 – 30.
[2] Bublin M. et al (2013). *Osnova strategije razvoja regionalnih cesta Tuzlanskog kantona u periodu od 2013. do 2023. godine,* Ministarstvo trgovine, turizma i saobraćaja Tuzlanskog kantona.
[3] Kuzović Lj. (1994). *Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže,* Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
[4] Bublin M.. et al. (2009). *Metodologija za rangiranje prioriteta intervencija na magistralnim cestama Federacije Bosne i Hercegovine,* Građevinski fakultet u Sarajevu.

THE SAFE ROAD TRANSPORT SYSTEM APPROACH

Ministerialdirigent a.D. Dipl.Ing. Hans-Joachim Vollpracht

Honorary member of the World Road Association (PIARC) (h-vollpracht@hotmail.com)

Ing. Jean-François Corté, Secretary General, World Road Association (jean-francois.corte@piarc.org)

Abstract: More than 1,24 million people die each year on the worlds roads and between 20 to 50 million suffer from nonfatal injuries. The UN Road Safety Collaboration Meetings under the leadership of WHO developed the Programme for the Decade of Actions for road safety taking nations into the responsibility of improving their accident figures by the five pillars of a national Road Safety Policy, safer Roads, safer Vehicles, safer Road Users and Post Crash Care. It is this Safe System Approach that takes into consideration the land use, infrastructure and transport planning, road user's abilities and limitations and the close cooperation of all governmental and none governmental stakeholders involved.
The contribution will present the main activities of the fife pillars with a focus on PIARC´s Road Infrastructure Management tools to improve safety and function of the road infrastructure based on the experiences with the land use problems in Asian, African and European countries
The report will show how actions of short and long term measures on all five pillars have reduced the number of traffic victims remarkable in Eastern Germany after reunification and in addition how the hierarchy of motorways, 2+1 express roads, the rural roads and traffic calming in built up areas, have improved the economic development of cities and villages in a safe way

Key words: UN Global Plan for Road Safety, PIARC tools for Road Infrastructure Safety Management, Legal regulations on safer roads, the positive effects of the 2+1 cross section within the road Hierarchy

1. Introduction

The reduction of travel times for people and goods on their roads is one of the most crucial objectives of countries for enhancing and stabilising their economies in emerging countries. This is regularly done first just by resurfacing the old roads, which had been designed for low speeds, and by the removal of all road elements, which could reduce the speed of motor vehicles.

The new Federal German Country of Brandenburg after the reunification of Germany in 1991 was such an example when It was decided to rapidly improve the surfaces of the carriageways poorly maintained during the previous decades. This happened to be a crucial mistake in the early nineties, as the number of fatalities in traffic jumped from 425 in 1989 to 931 in 1991, an accident rate of 36 fatalities per 100,000 inhabitants higher than ever registered any where in the world before.

More than 1.24 million people die each year on the World roads and between 20 to 50 million suffer from nonfatal injuries.

Upon order of the UN-Assembly, the UN Road Safety Collaboration under the leadership of WHO developed a Global Plan for the 2011-2020 Decade of Actions for road safety taking nations into the responsibility of improving their accident figures by the five pillars of a national Road Safety Policy, safer Roads, safer Vehicles, safer Road Users and Post Crash Care.

It is this Safe System Approach that takes into consideration the land use, infrastructure and transport planning, road user's abilities and limitations and the close cooperation of all governmental and none governmental stakeholders involved.

After a brief presentation of the main features of the UN Global Plan of Action, the tools developed by the World Road Association (PIARC) for safer roads are introduced.

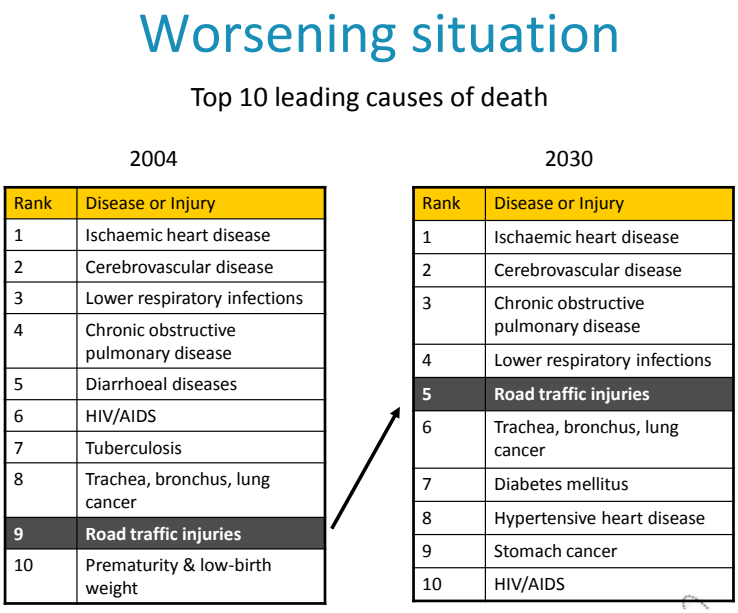
The case of Brandenburg is then presented to illustrate how actions of short and long term technical and legal measures on all five pillars can remarkably reduce the number of traffic victims and in addition have improved the connections of cities and villages to the Trans European Road Network. by the hierarchy of motorways, 2+1 express roads, rural roads and traffic calming measures in built up areas, a condition for their economic development and quality of live.

2. Key facts and objectives

According to the WHO publication on road safety (www.decadeofaction.org) [1], road accidents are the leading cause of death of young people aged 15 – 29 years and 46% of road traffic deaths are pedestrians, cyclists and motorcyclists.

90% of road traffic deaths and injuries occur in low-income and middle-income countries which have only 48% of the world's registered vehicles.

The situation is worsening and among the 10 leading courses of death road accidents are expected to rise from place 9 in 2004 to range 5 in 2030



Rank	Disease or Injury
1	Ischaemic heart disease
2	Cerebrovascular disease
3	Lower respiratory infections
4	Chronic obstructive pulmonary disease
5	Diarrhoeal diseases
6	HIV/AIDS
7	Tuberculosis
8	Trachea, bronchus, lung cancer
9	**Road traffic injuries**
10	Prematurity & low-birth weight

Rank	Disease or Injury
1	Ischaemic heart disease
2	Cerebrovascular disease
3	Chronic obstructive pulmonary disease
4	Lower respiratory infections
5	**Road traffic injuries**
6	Trachea, bronchus, lung cancer
7	Diabetes mellitus
8	Hypertensive heart disease
9	Stomach cancer
10	HIV/AIDS

Figure 1: The forecast of leading courses of death

Source: www/decadeofaction.org

To stop this development the United National General Assembly declared in March 2010 the UN Road Safety Global Plan [2], as a guiding document that will facilitate coordinated and concerted actions within the Decade of Action towards Road Safety and the UN Secretary-General, Mr Ban Ki-moon, called on *Member States, international agencies, civil society organizations, businesses and community leaders to ensure that the Decade leads to real improvements.*

The overall goal of the Decade is to stabilize and then reduce the forecast level of road traffic fatalities around the world by 2020 and to follow the „safe system approach" to develop a road transport system that is better able to accommodate human errors (chapter 4 of the Global Plan).

3. The Global Plan

The safe system approach of the UN Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020 is structured along the five pillars

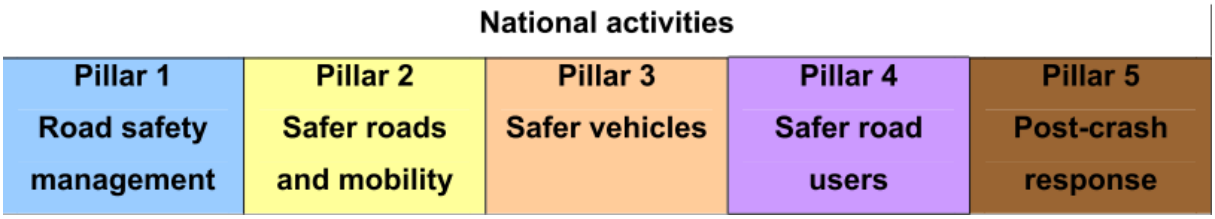


Figure 2: The five pillars of the Global Plan of Action1

[1] *www.who.int/roadsafety/**decade**_of_**action**/**plan**/en/index.html*

These pillars have the following objectives specified by activities

Pillar 1: Safety Management –Activities

- Strengthen institutional capacity
- Put in practice United Nations road safety conventions
- Establish lead agency
- Develop a national road safety strategy
- Set realistic and long-term targets
- Develop data systems

Pillar 2: Safer Roads and Mobility

- Improve safety-conscious planning, design, construction and operation of roads
- Assess regularly safety of roads
- Explore various forms of transport and safe infrastructure

Pillar 3: Safer Vehicles

- Harmonize global standards
- Implement new car assessment programs
- Equip all new cars with minimum safety features
- Promote use of crash avoidance technologies
- Encourage managers of fleets to purchase, operate and maintain safe vehicles

Pillar 4: Safer Road Users

Adopt model road safety legislations

Sustain or increase enforcement

Promote public awareness of risk factors

Call for activities to reduce work-related road traffic injuries

Establish graduated driver licensing programs for novice drivers

Pillar 5: Post crash Response

- Develop pre-hospital care systems
- Put in place single nationwide emergency telephone number
- Provide early rehabilitation and support to injured patients and those bereaved by road traffic crashes
- Establish insurance schemes
- Investigate crashes and provide legal response

All these pillars are included in a network of governmental and none governmental responsibilities for Legislation and Organization, Information and education, land use and transport planning, urban development, Road Administration, Automobiles, Health and Enforcement. But in most countries these stakeholders are not coordinated and are doing their own thing, some of them not even oriented to road safety.

4. Details about pillar 2

For a road congress pillar 2 has to be reported in details of the activities.

1. Promote road safety ownership among road authorities, - engineers and urban planers

   - making them legally responsible for improving road safety on their networks through cost effective measures.

   - establishing a … road safety unit … to improve the safety of the road network.

   - promoting the safe system approach and the role of self explaining and forgiving road infrastructure.

2. Promote the needs of all road users by planning land use to respond to safe mobility…access needs, geographic and demographic conditions.

3. Promote safe operation, maintenance and improvement of existing road infrastructure by
   - Black spot and network safety management
   - Safety assessments of existing roads
   - … Speed sensitive design
   - … Work zone safety
4. Promote the development of safe new infrastructure
   - ….By using Road Safety Impact Assessment and Road Safety Audits
5. Encourage capacity building and knowledge transfer
6. Encourage research and development in safer roads

5. The legal responsibilities of Road Administrations

From activity 1 in pillar 2 of the UN-Global Plan of Action we see at least the following objectives necessary to be regulated legally within countries road acts:

(1) Along rural roads and freeways the ownership of lands lying on both sides of public roads up to 75 meters for motorways, 50 meters for express roads, 25 meters for rural roads, shall not be used for any purpose other than agriculture forest or gardening.

(2) For preventing heavy accidents from human errors forgiving road sides have to guaranteed either by obstacle free zones of

12 m along all roads with speed limits > 100 km/h

10 m along roads with speed limits of 100 km/h

8 m along roads with speed limits of 80 km/h and

6 m along roads with speed limits of 60 km/h

If these are not possible, passive safety measures have to be installed such as crash barriers

(3) Access control to private and public properties is a must for a safe highway system. A permission for access can only be granted if endangerment of road safety is excluded, such as for fire brigades, emergency services or the road maintenance.

(4) A fundamental approach for enhancing road safety is the launching of a Road Traffic Accidents Report System. This implies a legal report system from taking on accidents by police authorities to the transfer to all members of accident commissions which were founded by act of the Ministry of Transport in all local authorities. These “Accident commissions” are working together to find out, at first along accident needle maps, later in digital accident maps, where black spots and hazardous road sections are located and discuss which kind of short and medium term measures might be most successfully, most of them related to road equipment and traffic calming measures in built up areas,. Member of these commissions are coming from the police, road administrations and local road traffic authorities.

(5) The performance of Road Safety Audits and Inspections should be implemented by road acts

(6) Rest areas for the long distance traffic are part of the freeway network. In these rest areas there have to be parking facilities for drivers of goods traffic, so that they can obey to the regulations for resting-periods. These rest areas are only dedicated for the needs of rapid traffic. The inhabitants of

towns and villages nearby do not have direct access to the rest-areas, so that the aspect of road safety is taken into account.

(See more in the contribution of Dr. Franz.- Rudolph Herber)

6. The PIARC Tools for safer roads

The World Road Association (PIARC) has, in 2014, 120 member governments from all continents. In the 2012 – 2015 cycle, PIARC technical Committees are structured along four strategic themes [3]:

1. Management and Performance for road administrations inclusive Financing and climate changes and sustainability
2. Access and Mobility inclusive road network operation, freight transport, winter service the accessibility of rural areas
3. Road Safety inclusive national policies, safer infrastructure and tunnel safety
4. Infrastructure Assets inclusive road pavements, bridges and earthworks

(see www.piarc.org).

Technical Committees comprise specialists from both the public and the private sector who are tasked to share experience and identify best practises presented in technical reports and manuals. The outputs of the current cycle will be presented at the next World Road Congress in Seoul in November 2015. A new Strategic Plan will then define the directions of work for the following four years, hopefully with the renewed participation of Serbian experts.

During the last cycles important guidelines [4], on road safety have been published:

- Accident guidelines for engineers;
- Road Safety Audits and Rad Safety Inspections guidelines;
- A Catalogue of design safety deficiencies and countermeasures
- Best Practices for Road Safety Campaigns;
- The PIARC Road Safety Manual, second edition, currently under development which will present a broad approach of road safety in relation to road infrastructures (to be completed in the second semester of 2014);
- A comparison of national road safety politics;
- Work zone Safety, and last but not least
- Human Factors in road design and operation.

Road networks are integrated in the transport system with two main interfaces between the road users on one hand and the vehicles on the other.

Whilst the physical factors are very well known by road and vehicle engineering since decades, the Human Factors between the road and the road users were thought to be an issue of road users training and enforcement only.

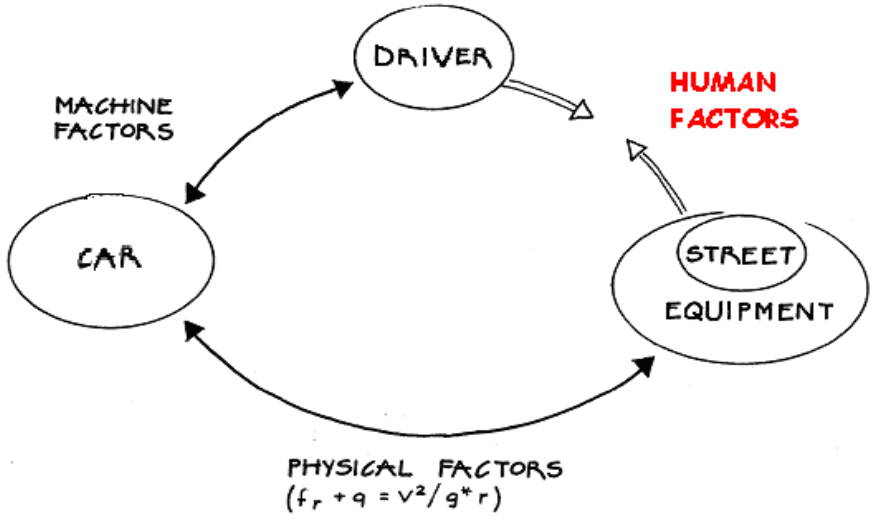


Figure 3: The main interfaces of the road transport system

Source: PIARC Human Factor Guideline in safer design and operation

"Promoting the safe system approach and the role of self explaining and forgiving road infrastructure" [1], This is the objective and tool of the PIARC Guideline on these human factors spreading the knowledge of human abilities and limitations in traffic which have to be taken into Road Design and Operation. To go into details would fill whole seminar.

According to the EU Directive **2008/96/EC** the Infrastructure Safety Management [5], with Road Safety Impact Assessments, Road Safety Audits, Road Safety Inspections, Black Spot Management and Network Safety Management have to be implemented.

PIARC has developed the specific guidelines for Road Safety Audits (RSA) for the design phase of new projects with detailed checklists for the different design phases and for regular Road Safety Inspections (RSI) of existing roads with a Catalogue on Design Safety deficiencies and Countermeasures.

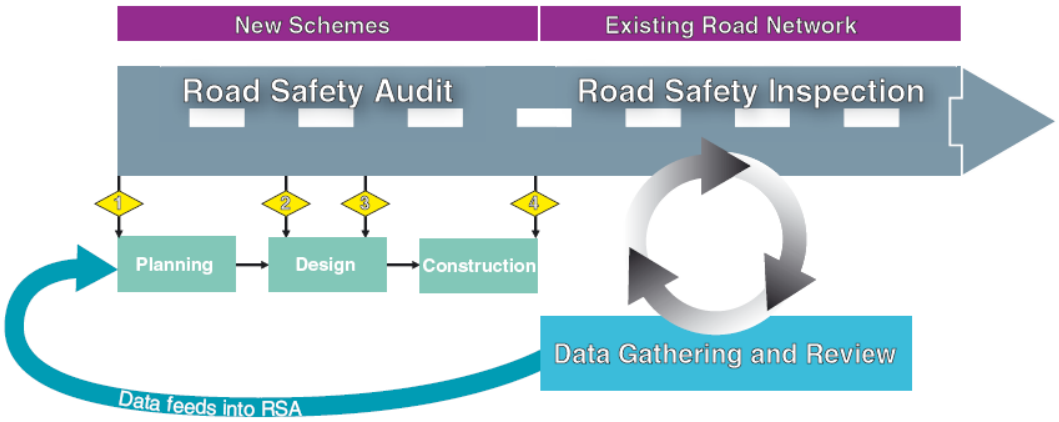


Figure 4: Differentiation between RSA and RSI

PIARC Guidelines for Road Safety Audits and Inspections

The bases for the Inspection Guideline have been developed in a Technical Assistance project for Romania in 2004.

It was found out that newly rehabilitated and - misguided by the EU Safe Star recommendations - widened national roads had been developing to axes of accidents. The new 12 m wide 2 lane cross-section with wide hard shoulders of 2,5 m made the traffic faster and dangerous especially within the built up areas with 1 fatality per 2 kilometers and year.

In 1992 It was found out by the German Highway Research Institute, BASt [6], that this cross-section (b2s) has the highest accident cost rates per 1 million vehicle kilometres per year and it has been exchanged in German design standards by the 2b+1 (b = 3,5m lane width) [8] .

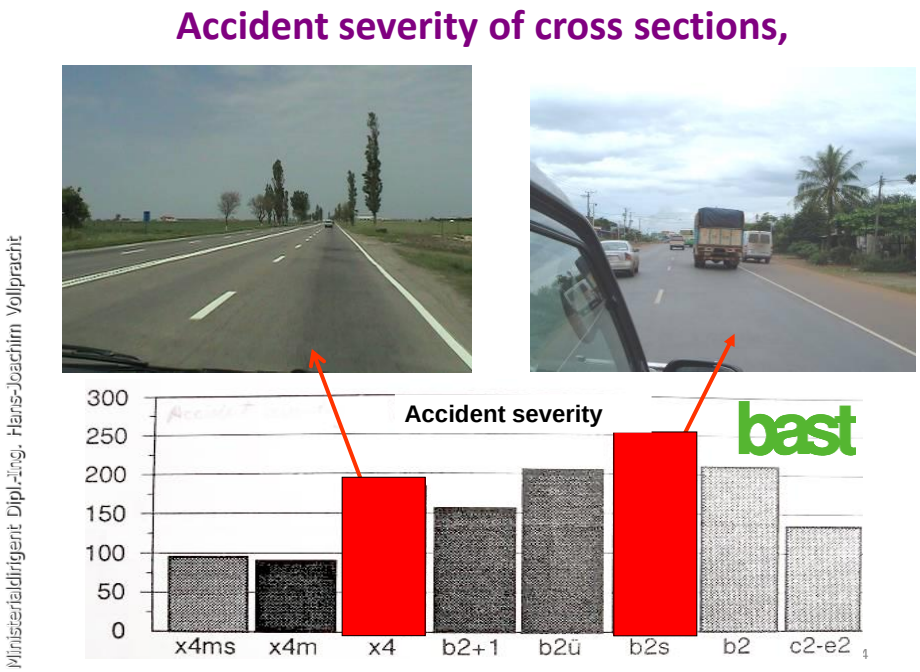


Figure 5: Accident cost rates of different cross sections

Source: BASt plus pictures of the author

These and other international research publications have been taken to the PIARC Catalogue of Design Safety deficiencies and Counter measures [9]

The problems of fast rehabilitations of roads

The steep increase of accidents happened in Eastern Germany when the surfaces of the carriageways where rehabilitated just by new asphalt layers seems to be a problem in most emerging countries such as in Bosnia Herzegovina in the last years where the author also found lots of memorials especially along the newly rehabilitated national and provincial roads.



Figure 6: Memorial for road traffic victims in the Republic of SRPSKA

Source foto of the author

By a World Bank project [10] it was strongly recommended to perform Road Safety Inspections (RSI) before ordering of the design for the rehabilitation work. Deficiencies in road geometry and for vulnerable road users should be removed as part of the rehabilitation work. The designer should include the recommendations from the RSI Report into his drawings and project documents. These should be audited before the construction and checked again in a pre-traffic opening Road Safety Inspection to ensure that the road is safe, the upper layer sufficiently skid resistant and that the traffic is regulated properly.

7. An efficient strategy for economical development and road safety, the example of the State of Brandenburg (Germany)

7.1 The reactive and proactive road safety measures

Motivated by the steep increase of memorials along the roads, the government of Brandenburg developed very soon a road safety concept - the first of Eastern Germany [11]. The main pillars of that were similar to those of the UN Global Plan of Action for Road Safety 2011

- The Government established six regional authorities and two central ones, one for the motorway management and one for cross cutting issues to build up an efficient Road Safety Management.
- Road Accident Commissions have been implemented
- The fleet of cars was brought up to European standards in a short time.
- A main pillar improving road safety was the implementation of road user campaigns with the focus on speed reduction, avoiding alcohol drinking and show more consideration for other roads user especially vulnerable ones. In Brandenburg we started the campaign “Brandenburg should better drive” [12] with large posters along the motorways and rural roads.
- The steeper decrease of accidents with fatalities of 26.6 % among the decrease of severe accidents by 22% is the proof of the growing capacity and competence of the emergency services in the early 5 years.

The first network safety management system (NSM), called BASTA, has been implemented in 2002 for the detection the most dangerous road sections with the highest avoidable accident cost density [13]

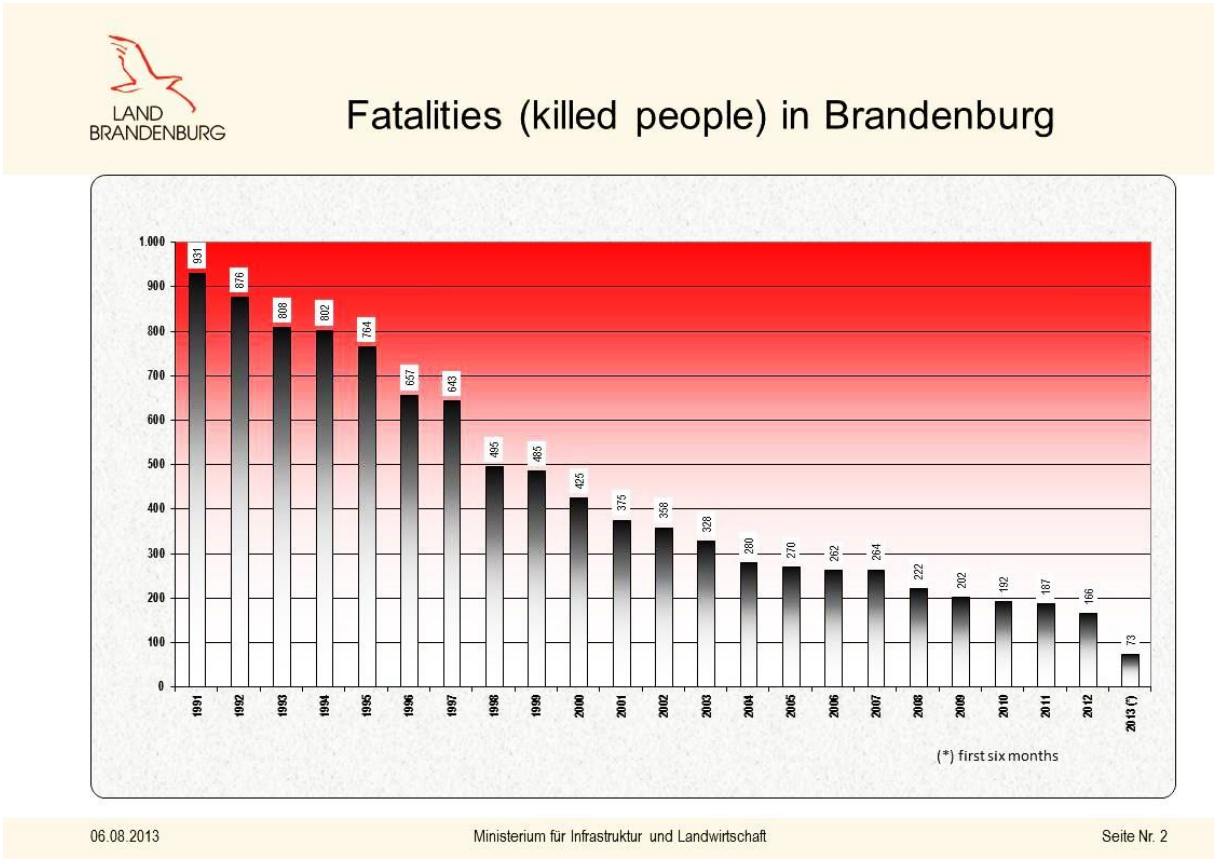


Figure 7: The reduction of fatalities by road accidents in Brandenburg

Souce: Ministry of Urban development, housing and Transport 2013

Those measures did decrease the numbers of accidents remarkably but they have not solved the problems of accessibility of the cities in the shadow rooms of the country far away from the Trans European Road Network (TERN).

7.2 The development of an efficient and safe Road Network

An efficient and safe road network is organized like our blood system: It is a hierarchy of

- Main arteries
- Distributors
- and capillaries to access the single cells in the muscles and organs.

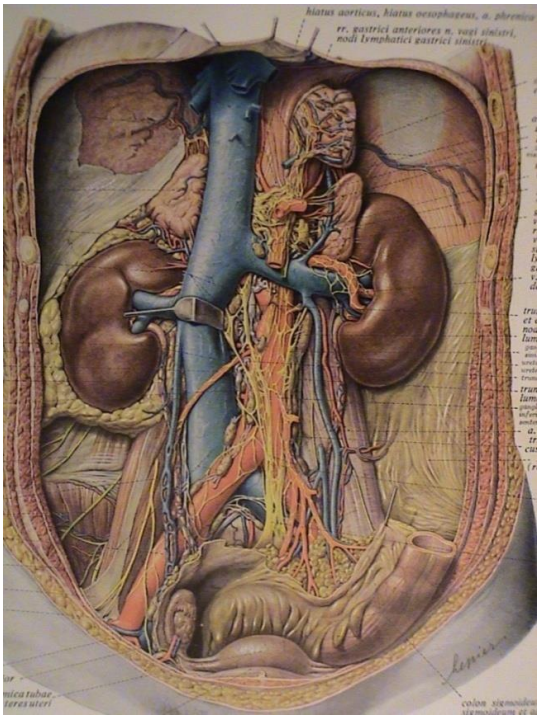


Figure 8: the "bypassing" blood system,

Source: Medical lexicon

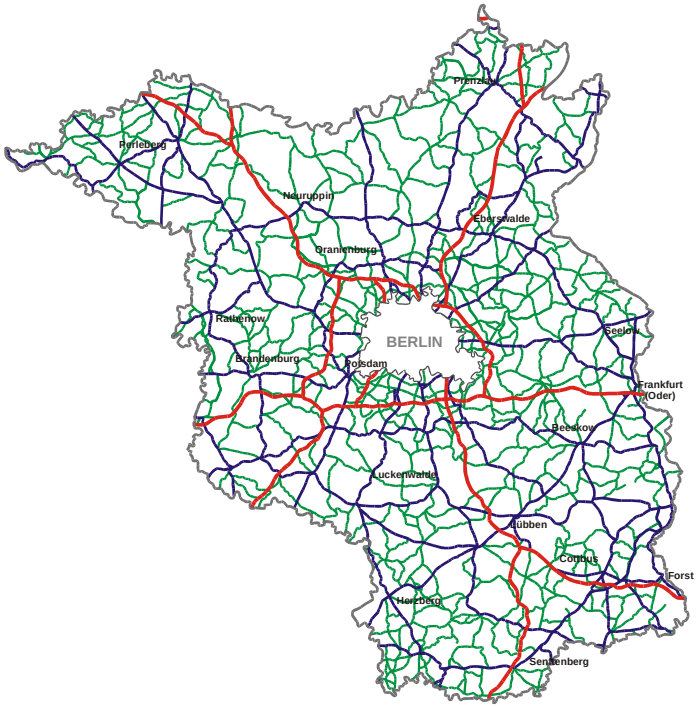


Figure 9: the Road system of Brandenburg

Souce: Ministry of Urban development, housing and Transport

The blood moves much faster in the Main Arteries

- main arteries to legs and arm 5.8 cm/s

than in the Organs

- arterioles 0.28 cm/s
- capillaries 0,05 cm/s

So it is with the road network: For our economies the traffic volume and the speed on our main arteries along far distances has to be higher than in our towns and cities. The main blood vessels never provide their surrounding tissue and the organs directly! Linear ssettlements along highways are like heart attacks for human health and the traffic economy as well. We found those in Vietnam, Togo, Egypt, Belgium, Romania and Bosnia Herzegovina as well.

Following this model the German Federal Country of Brandenburg developed an Express Road System of the 2+1 cross-section, bypassing villages and towns for halve the price for Motorways but sufficient for traffic volumes up to 20,000 vehicles/day. Of course all road projects are audited in all planning phases according to the German Road Safety Audit Guideline ESAS[14]. This so called "Blue Network" [15] between the red net of motorways and the green net of normal rural roads has stabilized the economic situation of many small towns and villages by faster and safer connections to the Trans European Road Network (TERN) with an increase of investments in their industry and places of labour. It opened the way for more traffic calming measures in the cities and villages with the remarkable reduction of serious accidents and higher quality of life of their citizens [16].

This strategy was also recommended for the Republic of SRPSKA with the option of widening the 2+1 express roads later to motorways when the limit of 20.000 vehicles/day is expected to be reached.



.

Figure 10: German example of the 2+1 cross section in Brandenburg *Source: Photo of the author*

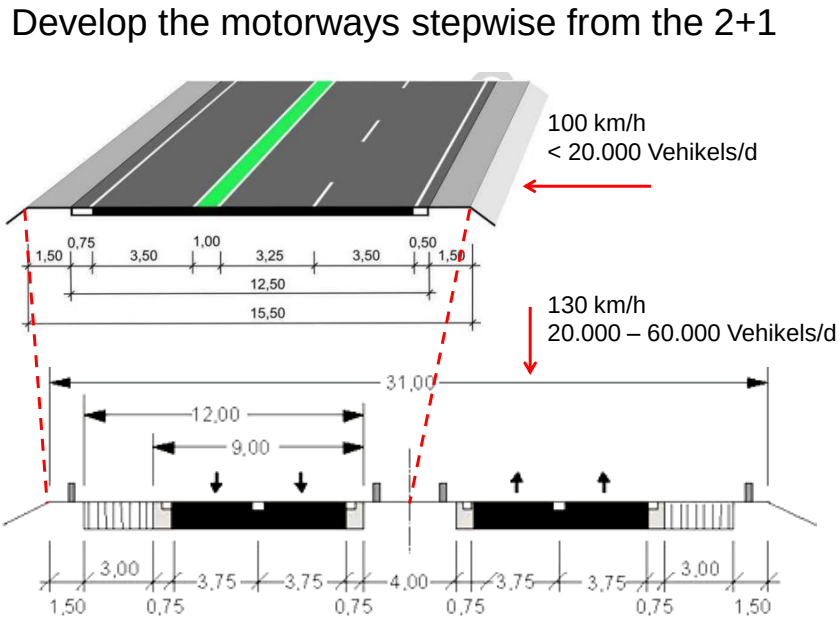


Figure 11: Adapt the motorway system stepwise to the traffic volume, *Source German Guidelines*

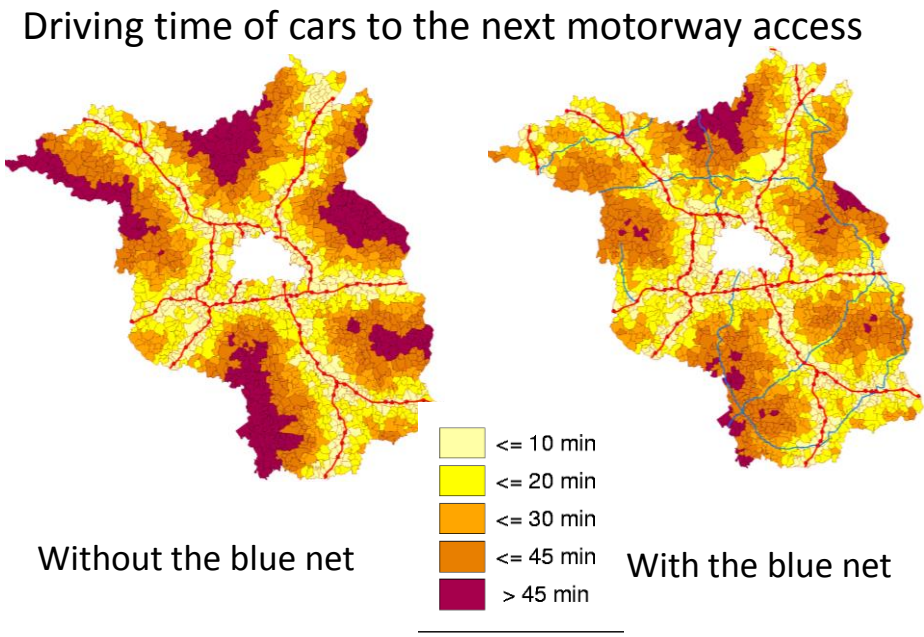


Figure 12: The effect of the blue net on the accessibility to the TERN

8. Conclusions

The important decrease in road traffic fatalities and severe injuries achieved over the past ten years in several countries which have adopted a holistic approach to road safety more or less in line with the safe system concept, demonstrates that we currently have proven methodological tools to improve significantly road safety

In the area of road design and operations, a number of guidelines which integrate the experience of advanced countries have been produced by the World Road Association and have been applied successfully in various countries. They are made available free of charge to the road community form the Association's web-site.

In countries of emerging economy which experience a fast increase in the rate of motorization and have to up-grade their road network the risk of a large degradation of road safety is high if no national road safety plan is developed and implemented.

The example of the state of Brandenburg shows however that there is no inevitability in this area if correct action is taken. It has been possible to reduce the number of severe accidents with fatalities and injuries remarkably by improvements in all of the 5 pillars of the UN Plan of action. By the modernization of the ambulance system, the fleet of vehicles and the improvement of traffic education in schools and driving schools and by public awareness campaigns good results could be achieved. But above all it was the improvement of the road network with safer Motorways, the blue net of express roads and the traffic calming measures in villages and towns which finally lead to a reduction of 72% of severe accidents and of 81 % of fatalities within 20 years.

Nevertheless the achieved fatality rate of 6.6 is still 60 % higher than the German average of 4. This is on one hand related to longer daily drives of the inhabitants to work by car than in densely populated areas of Germany, on the other hand to the lack of forgiving road sides.

The tree lined roads are a special road safety problem, unsolved until now.

The highway departments in the former Western Germany dealt with this problem in the sixties by cutting down whole avenues of trees. The former East Germany was spared this fate. However, since 1995 this led to more than 3,000 people being killed in collisions with trees. Cutting the trees down as long as they are not rotten is now impossible because of environmental legal regulations. This is a tragedy which should be

avoided in Serbia by implementing the forgiving road sites as asked for by the UN Global Plan for Road Safety and the checklists of the PIARC Road Safety Audit and Inspection guidelines.



Figure 13 create forgiving road sites with obstacle free zones! Source: Photos of the Author

9. References

[1] World Health Organisation, 3rd State of Road Safety around the World

[2],The UN Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011 to 2020

[3] The PIARC four strategic themes (www.piarc.org)

[4] The PIARC Guidelines on Road Safety (www.piarc.org)

[5] EU Directive 2008/96/EC on Infrastructure Safety Management 2008

[6] BASt The safety of one carriageway cross sections, 1992

[7] PIARC catalogue on design safety deficiencies and countermeasures

[8] German Guideline for Rural Roads (RAL)

[9] PIARC Human factors guideline (www.piarc.org)

[10] World Bank Project: Improvement of Road Safety Management and Conditions in the Republic of SRPSKABA-RISP-4371BA/RS-QCBS-CS-10-14/RSS

[11] Road Safety concept for the Federal Country of Brandenburg (Germany)

[12] Brandenburg Road Safety Campaign “Brandenburg soll besser fahren” 1994

[13] Brandenburgisches Expertensystem für die Analyse und Dokumentation von Unfallstrecken – BASTA - latest edition 2005

[14] Empfehlungen zur Furchführung des Verkehrssicherheitsaudits ESAS

[15] „Grünes Licht für Blaues Netz“ (Grenn Light for the Blue Net), Ministry of Urban development, Housing and Tansport, Brandenburg, 2001

[16] Leitfaden für Ortsdurchfahrten in Brandenburg (Guideline for Rural Roads crossing built up areas), recent edition of Ministerium for Infrastruktur und Landwirtschaft, 2011

S PROMENOM UZORAKA UREĐENJA PROSTORA DO RAZVOJA ODRŽIVE MOBILNOSTI: SAZNANJA IZ PROJEKTA MORECO

mr Andrej Gulič
Urbanistični inštitut Republike Slovenije, Trnovski pristan 2, 1000 Ljubljana, Slovenija, http://www.urbinstitut.si/, andrej.gulic@uirs.si

Rezime: *Rad predstavlja rezultate međunarodnog projekta MORECO - mobilnost i troškovi stanovanja - u kojem kao partner učestvuje Urbanistički institut Republike Slovenije i koji se sprovodi u okviru evropskog programa Alpine Space. Projekat se bavi objašnjavanjem veza između mogućih budućih mesta stanovanja, mobilnostnog ponašanja i pristupačnosti. Pri tome daje poseban naglasak posledicama koje nekontrolisano širenje naselja uzrokuje uslugama javnog prevoza. Zagovara održivi, resursima i životnoj sredini adekvatan razvoj naselja koji prati objekte usluga od opšteg interesa i smerove linija javnog prevoza. Suštinski cilj projekta je promovisanje održive mobilnosti kroz razvoj policentričnog sistema naselja, glavni operativni cilj je promovisanje implementacije lokacijskih odluka privatnih i javnih aktera na lokacijama koje se nalaze u blizini stanica javnog prevoza. U cilju podizanja svesti različitih skupina, zainteresovanih strana i opšte javnosti, projekat MORECO razvio je tri "oruđa", jedno opisno za kreatore politika i donosioce odluka i dva računarska: oruđe za prostorne planere i oruđe za domaćinstva.*

Ključne reči: *Stanovanje, pristupačnost, održiva mobilnost, MORECO projekat.*

1. UVOD

Ekonomska i demografska dinamika u državama i regijama Alpskog prostora (Operativni program Alpski prostor EU[1]) dovodi do širenja periurbanih područja, do razdvajanja teritorija i transportnih usluga te do enormnog povećanja privatnog saobraćaja. To je veoma problematično zbog strogo ograničenog prostora za razvoj naselja u alpskom prostoru.

Negativne posledice se ogledaju u:
- Povećanim razdaljinama u vremenu putovanja dnevnih migranata koje su praćene većom upotrebom automobila.
- Povećanim emisijama (polutanata, gasova staklene bašte, buke) i gužvi u saobraćaju koja posledično smanjuje privrednu konkurentnost gradova i regija.
- Smanjenoj rentabilnosti transportnih usluga javnog prevoza.
- Povećanim ograničenjima u pristupačnosti različitih populacionih grupa koje zavise od usluga javnog prevoza.
- Visokim troškovima za mobilnost domaćinstava, velikom gubitku vremena i životne energije, smanjenoj kvaliteti života.
- Većoj ranjivosti vrednosti nekretnina u slučaju daljeg rasta cena energije za mobilnost.

Mere upravljanja prostornim razvojem i razvojem transporta predstavljaju ključne faktore koji utiču na buduću mobilnost, odnosno na izbegavanje "prinudne" individualne motorizovane mobilnosti.
Ali one se u sadašnjosti suočavaju sa velikim problemima:
- Većina vožnji sa automobilom počinje i završava kod privatnog prebivališta. Na taj način lokacije prebivališta sa značajnom stopom određuju potrebe mobilnosti, izglede za održivi saobraćaj (pešačenje, bicikl, javni prevoz), dostupnost i dugoročne troškove stanovanja i prevoza. Praksa pokazuje da većina domaćinstva u svom odlučivanju ne razmatra dugoročne efekte i u uglavnom su u potrazi za jeftinijim građevinskim zemljištima i nižim stambenim troškovima.
- Političke odluke javnih vlasti često prate stambene potrebe na tržištu, zanemarujući efekte neprikladnog prostornog razvoja i uticaje na životnu sredinu.

Glavni izazov partnerstva projekta MORECO je podrška razvoju javnog prevoza preko uticaja na prostorno planiranje i upravljanje od lokalnog do transnacionalnog nivoa sa:
- Podsticanjem nove institucionalne saradnje između organa prostornog planiranja i ponuđača transportnih usluga.
- Razvojem metodoloških instrumenata za prostorne planere, političare i druge aktere u smeri definisanja mogućih dugoročnih troškova i uticaja.

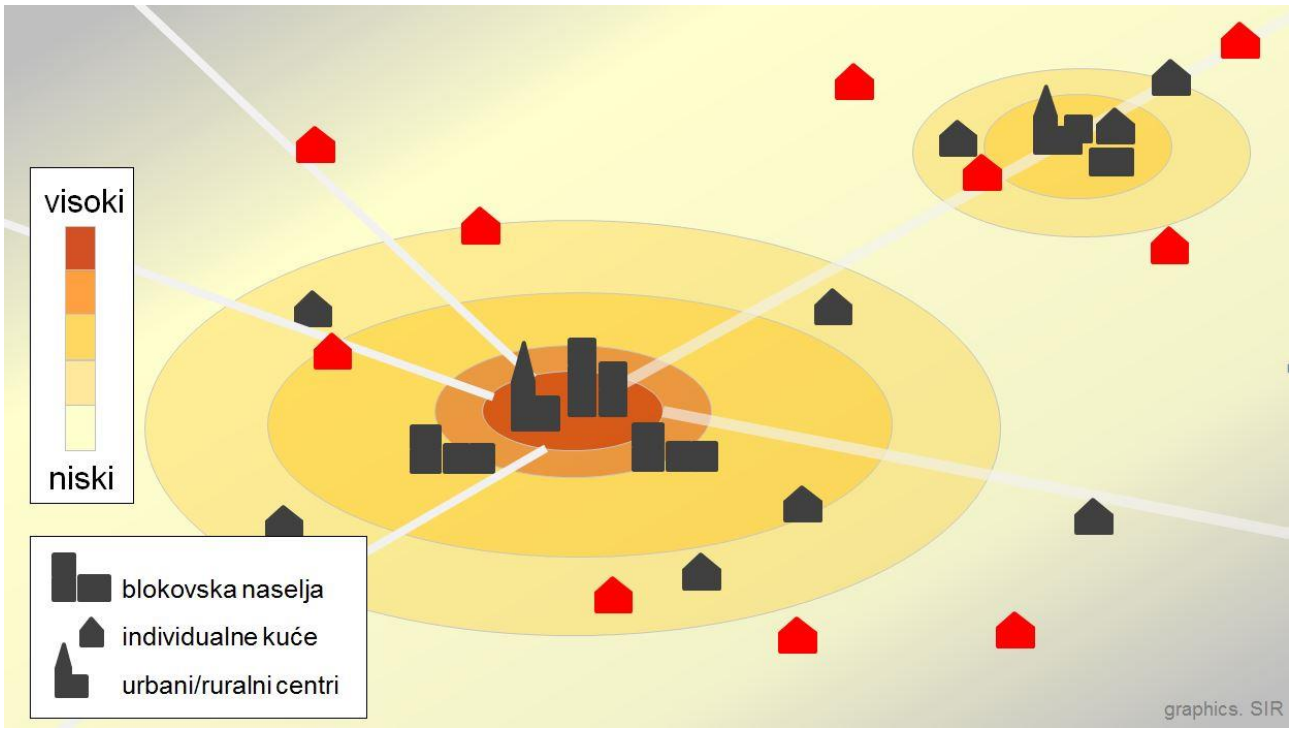
[1] http://www.alpine-space.eu/home/

- Razvojem instrumenata koji predstavljaju prostorne potencijale pojedinih područja različitim učesnicima u saobraćaju.
- Razvojem novih instrumenata za obaveštavanje domaćinstava, koja se zanimaju za kupnju građevinskog zemljišta ili privatne kuće, o dugoročnim troškovnim implikacijama njihove moguće odluke.

Glavni cilj je poboljšanje dostupnosti i podsticanje održive mobilnosti pomoću optimizacije policentričnog razvoja naselja u Alpskom prostoru. Partneri u projektu su politički organi ili institucije koje tesno sarađuju sa lokalnim, regionalnim i nacionalnim političkim i administrativnim ustanovama. To će omogućiti da će rezultati projekta MORECO[2] biti preneti i sprovedeni u procesu političkog odlučivanja. Partneri dolaze iz 5 različitih država članica EU i sa sobom donose različite potrebe, iskustva i veštine te različite pozadine (lokalne i regionalne javne vlasti, istraživački centri, univerziteti). Poređenje problema i rešenja doprinosi postignuću uspešne kombinacije strategija, usmerenja i oruđa na način da se obezbedi njihova prenosivost u regionima Alpskog prostora.

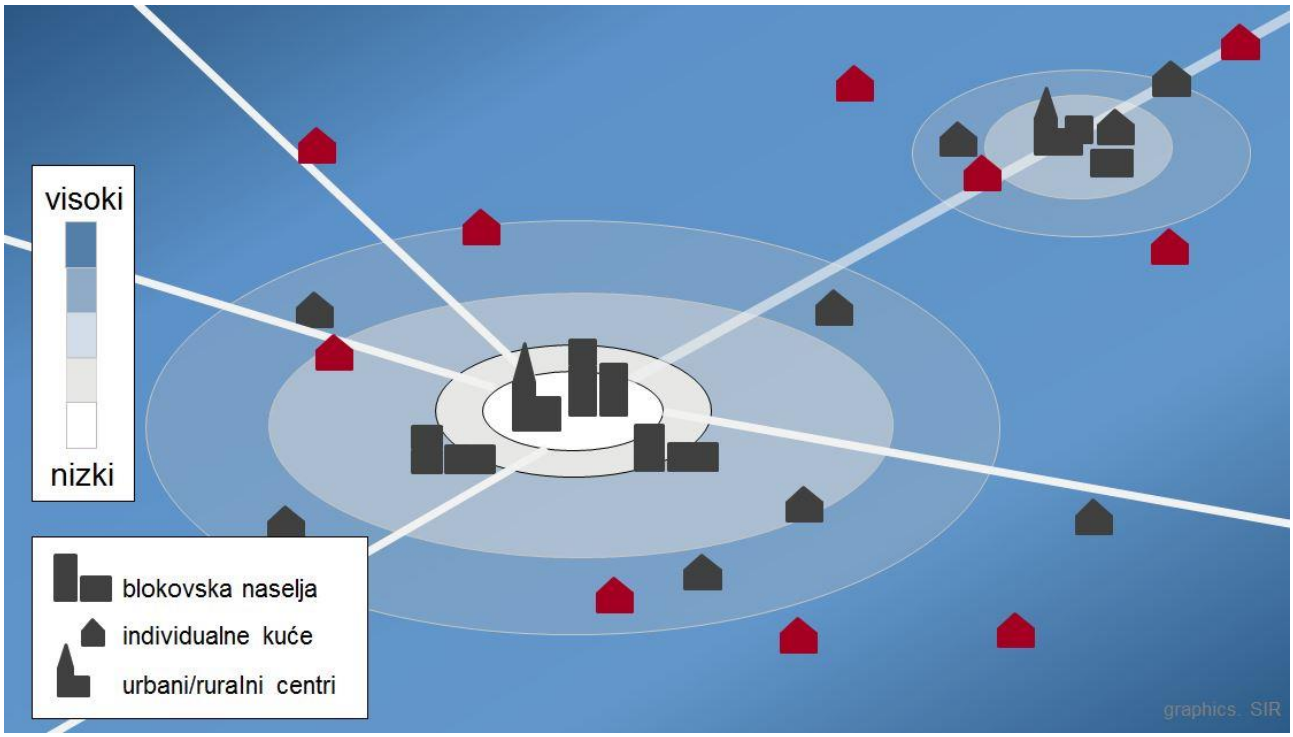
2. TROŠKOVI STANOVANJA I MOBILNOSTI SU MEĐUSOBNO POVEZANI

Interkonekcija mobilnosti i troškova stanovanja predstavlja polaznu tačku projekta MORECO. Troškovi stanovanja i mobilnosti su međusobno usko povezani. Troškovi zemljišta i stanova su relativno visoki u središnjim centrima snabdevanja i zapošljavanja. Istovremeno visoke cene zemljišta utiču na povećanje gustoće izgrađenosti naselja. Cene zemljišta su niže u prigradskim naseljima i u blizini lokalnih centara. To dovodi do povećanja udela segmenta individualnih kuća na udaljenim lokacijama. Ova situacija je u skladu i podržavana ostvarivanjem snova mnogih: posedovati kuću sa velikim vrtom, u zelenom i mirnom okruženju. Motivacije koje nas pri tome vode su, među ostalom, sledeće: želja po opširnijem životnom prostoru, privatnosti, većoj slobodi u projektovanju kuće i okoline, nasleđivanju zemljišta, sticanju vlasništva i ulaganju sopstvenog rada. Pošto troškovi zemljišta predstavljaju značajan deo ukupnih troškova ulaganja u kupovinu / izgradnju kuće, "realizacija sna" zavisi od mogućnosti dobijanja "dostupačne lokacije". To izaziva veliku potražnju po građevinskim zemljištima i rast naselja na "jeftinim" te od centara gradova i drugih većih naselja često udaljenim lokacijama. Slika 1 na šematski i idealizovan način prikazuje prostorne strukture i prometne veze na regionalnom nivou te razlike u troškovima zemljišta.

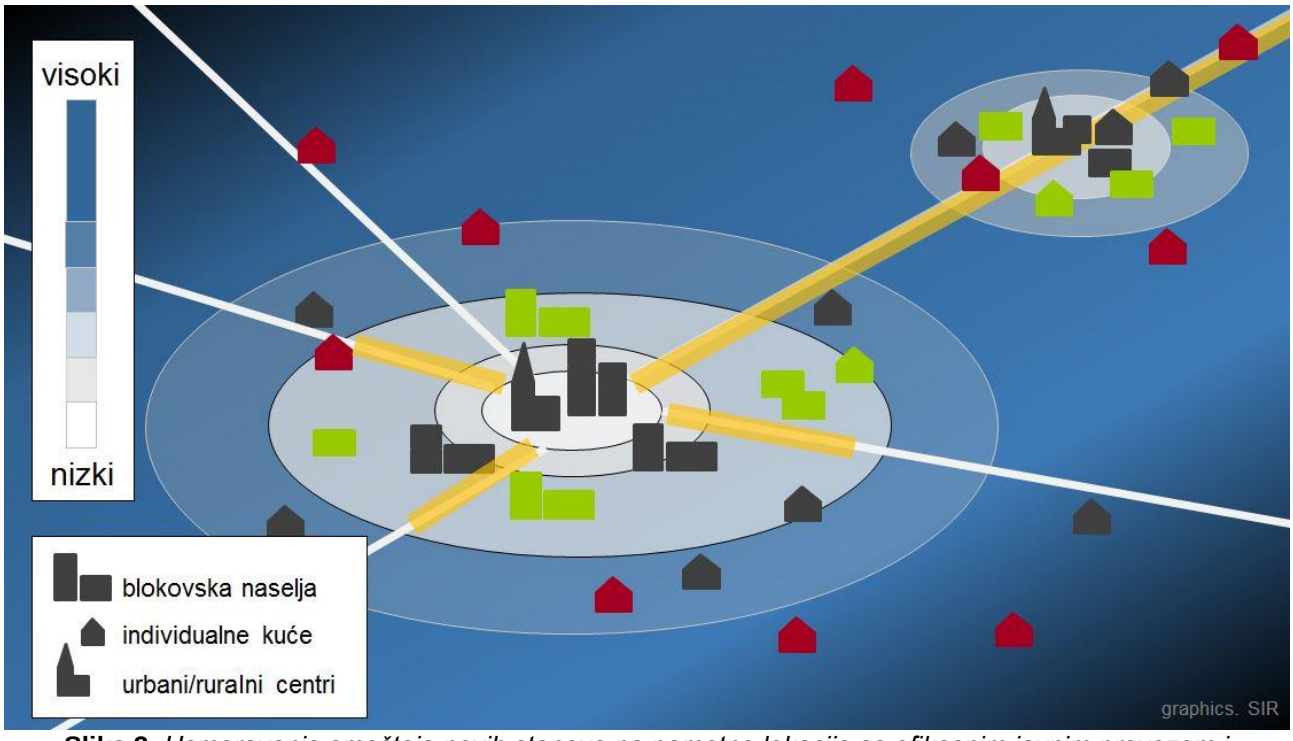


Slika 1. *Posledice visokih troškova stanovanja - stambena izgradnja je atraktivna na udaljenim lokacijama*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

[2] http://www.moreco-project.eu/index.php



Slika 2. *Posledice niskih troškova stanovanja na periferiji – povećani troškovi mobilnosti prema centrima zapošljavanja i snabdevanja*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)



Slika 3. *Usmeravanje smeštaja novih stanova na pametne lokacije sa efikasnim javnim prevozom i odgovarajućim kapacitetama snabdevanja*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

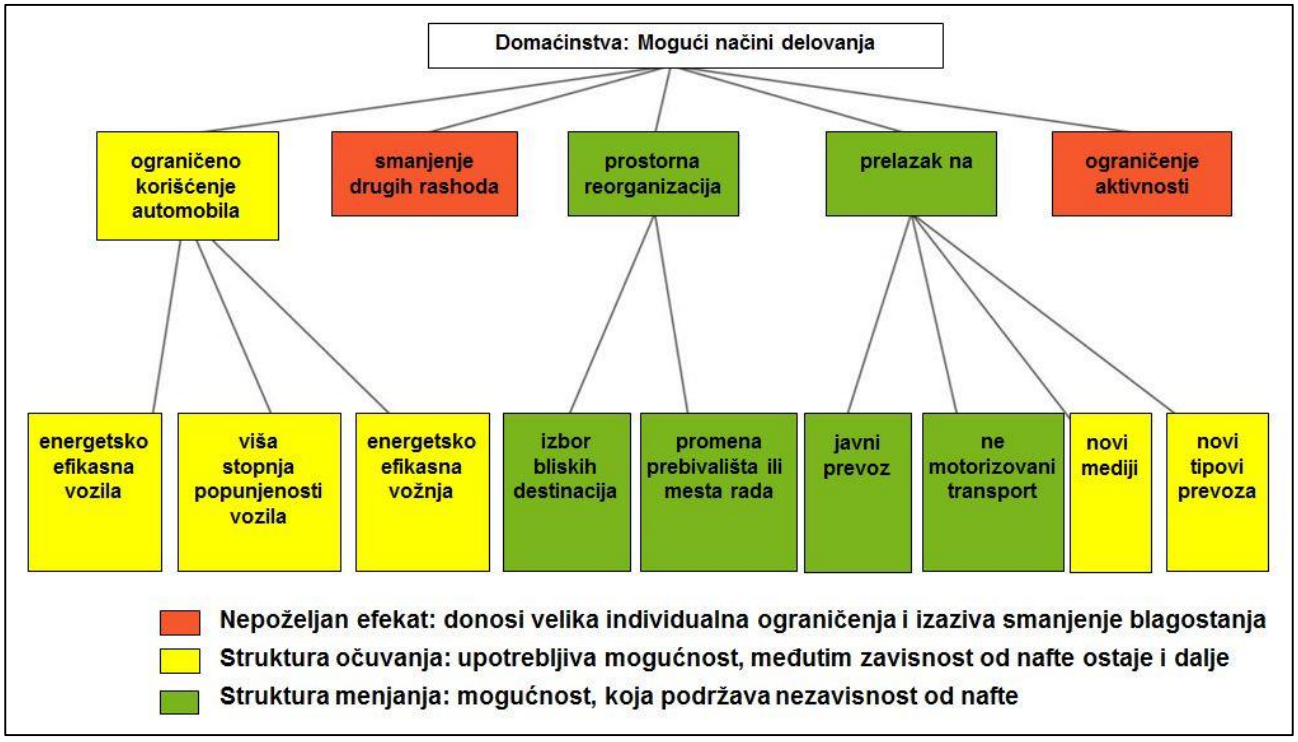
Sa druge strane to ima ozbiljne implikacije na povećanje razdaljina, dužine putovanja i troškova mobilnosti. Povećavaju se privatni troškovi koju između ostalog uključuju kupovinu i izdržavanje automobila, kupovinu goriva, povećanje stresa i fizičke neaktivnosti. Povećavaju se i društveni troškovi koji uključuju izgradnju potrebne saobraćajne infrastrukture, povećanu potrošnju zemljišta, porast količine raznih zagađujućih

materija, buke, bolesti itd. Pored toga povećavaju se različiti kratkoročni i dugoročni izazovi kao što su napr.: trajna rast cena energenata, povećanje saobraćajnih gužvi i nesreća, demografske promene u životnom ciklusu stanovnika (starenje stanovništva), promene u cenama nekretnina. Privatni troškovi mobilnosti su obrnuto proporcionalni troškovima stanovanja. Oni se povećavaju sa povećanjem udaljenosti od centara snabdevanja i zapošljavanja. Slika 2 na šematski i idealizovan način prikazuje problematiku rasta troškova mobilnosti u smislu slogana "manje centralno, veći su troškovi mobilnosti".

Javni prevoz omogućava efikasnu i ekonomičnu mobilnost u blizini podesno opremljenih stambenih područja. Ovo naročito važi uz redovno korišćenje pretplatnih karata za javni prevoz. Osnovni cilj projekta MORECO je dakle podrška razvoju prirodnim resursima i životnoj sredini održivih naselja koja prate postojeće i planirane smerove javnog prevoza na tzv. "pametnim" lokacijama. Stanovanje na tzv. "pametnim lokacijama" biti će manje ranjivo i na rastuće troškove mobilnosti izazvane predvidljivim rastom cena energenata u bliskoj budućnosti (Slika 3).

3. NEKE ČINJENICE I TRENDOVI KOJE UTIČU NA TROŠKOVE STANOVANJA I MOBILNOSTI

Sektor mobilnosti u velikoj meri zavisi od razpoloživih resursa i cena nafte. Cena goriva je ključna komponenta troškova mobilnosti. Vrhunac crpenja poznatih rezervi nafte, tzv. "Hubbertov vrhunac", je predvidljiv, logičan i u bliskoj budućnosti očekivan. Vrhunac crpenja znači da rast potražnje po nafti neće moći biti ispunjena po ekonomsko povoljnim cenama.



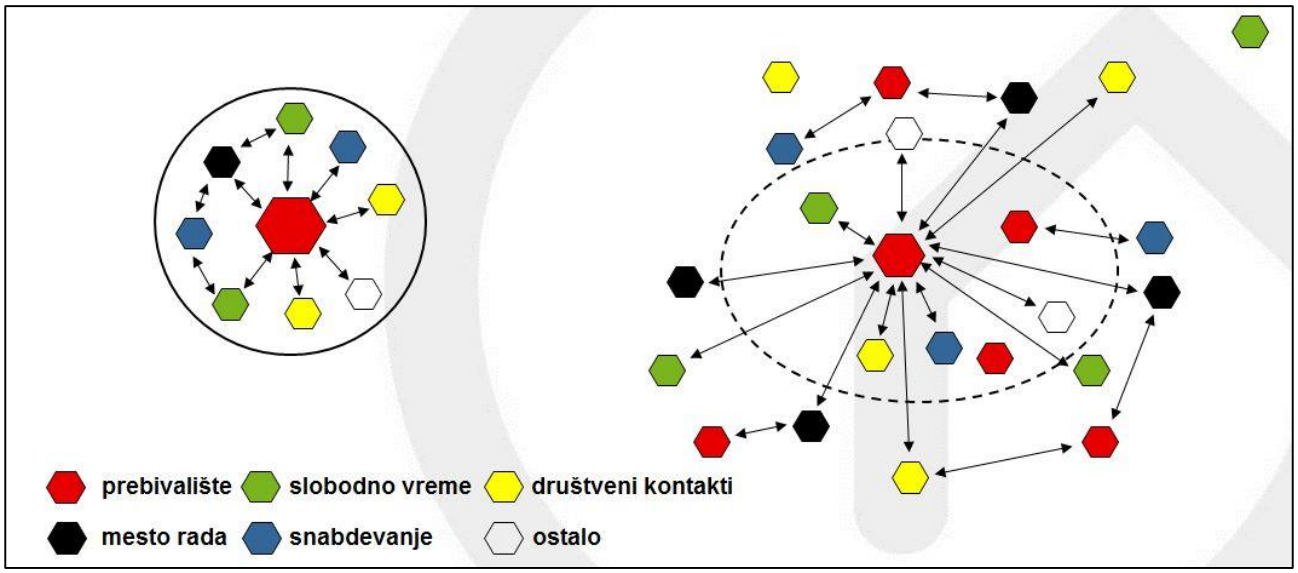
Slika 4. *Rastuće cene energije = povećanje troškova stanovanja i mobilnosti*
Izvor: (Gertz et al. 2008. MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

Od jednog trenutka nadalje domaćinstva će biti primorana da se adekvatno odazovu na pomenute izazove. U principu moći će odgovoriti na tri moguća načina prikazana na Slici 4:

- Način odazivanja označen crvenom bojom donosi ograničenja za članove domaćinstava i zahteva bilo smanjenje drugih troškova bilo ograničenja individualne mobilnosti.
- Prikazane mogućnosti označene žutom bojom - poput npr. upotrebe efikasnijih automobila - donose domaćinstvima kratkoročnu štednju, ali na ovaj način na dugi rok zadržavaju njihovu zavisnost od nafte.
- Način odazivanja označen zelenom bojom, koji utiče na promene mobilnostnog ponašanja i na promene u strukturi naseljavanja promoviše održivi razvoj i podstiče smanjenje zavisnosti od nafte.

Jednom su pojedinci bili aktivni i mobilni u relativno ograničenom prostornom opsegu (na taj način su pristupali pojedinačnim aktivnostima pešačenjem ili vožnjom bicikla). Danas su se uzorci mobilnosti veoma

promenili. Uzorci disperzivne i retke naseljenosti utiču na povećanje rastojanja između različitih funkcija. To neminovno utiče na povećanje udaljenosti, koju je neophodno svakodnevno prevoziti, a u mnogim slučajevima, ovi uzorci mobilnosti izvodljivi su samo kroz upotrebu automobila. To povećava pritisak na isključivu privatnu upotrebu automobila (Slika 5).



Slika 5. *Uzorci naseljenosti koji ne omogućavaju izbor!*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

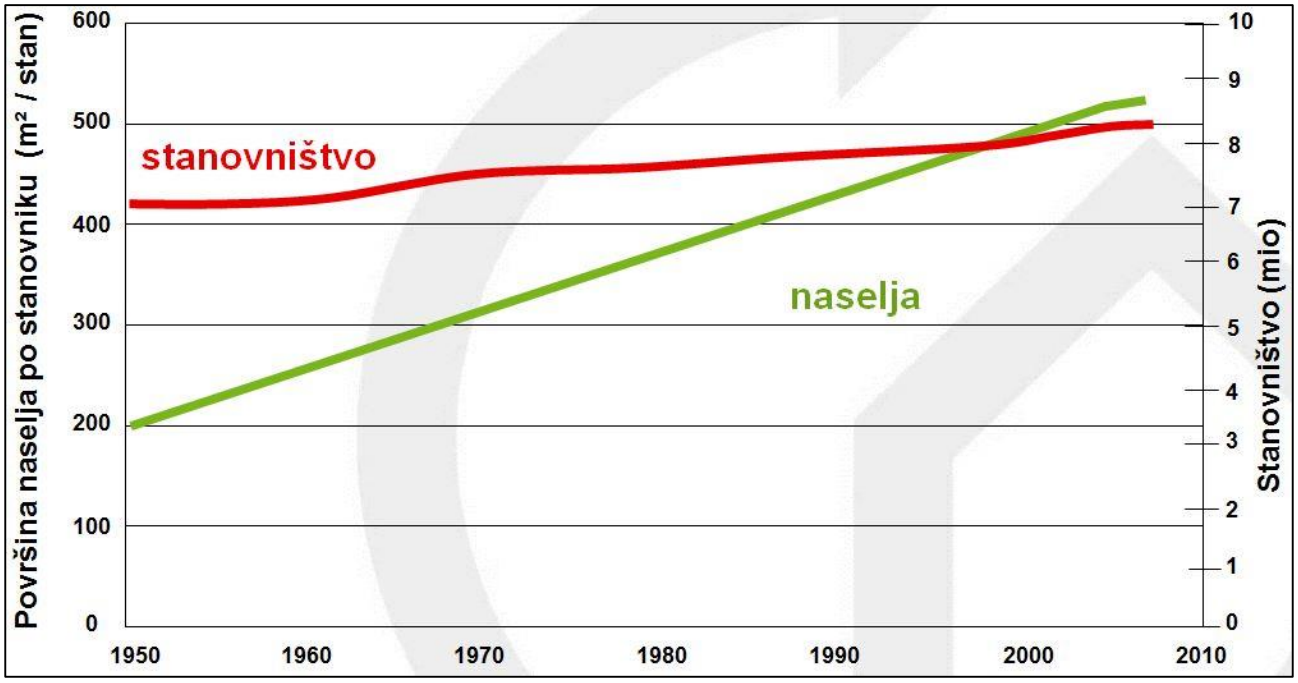
Prekomerna potrošnja zemljišta i disperzivni uzorci naseljenosti dovode do nedostatka nezamenljivog resursa "zemljišta". Prouzrokuju i znatno veće troškove. Obezbeđivanje dovoljnog broja stanova, izgradnja i održavanje pristupnih puteva i komunalne infrastrukture je mnogo komplikovanije i skuplje u disperzivnim prostornim strukturama nego u gustim i morfološko kompaktnim gradovima i naseljima.



Slika 6. *Razdvajanje, fragmentacija i gubitak zemljišta*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

Nekontrolisani porast širenja urbanih zemljišta i njihova fragmentacija - s smanjivanjem npr. raspoloživih zemljišta za poljoprivredu i rekreaciju - značajno ograničava mogućnosti za budući razvoj opština. Nastavak trenda intenzivne potrošnje građevinskih zemljišta od strane građevinske industrije, neuspešno funkcionisanje tržišta zemljišta, povećanje rastojanja i izgradnja nužno potrebnih opsežnih infrastrukturnih sistema utiče na rastuće troškove izgradnje i održavanja stambenih naselja (Slika 6).

Do prekomerne potrošnje zemljišta i ekstenzivnih te disperzivnih uzoraka naseljenosti dolazi u situaciji pogoršavanja demografske situacije (stagnacija ili pad broja stanovnika). Korišćenje građevinskog zemljišta u državama i regijama Alpskog prostora konstantno raste. U Austriji npr. u proseku 16 hektara novog građevinskog zemljišta na dan koristi se za stambenu izgradnju ili izgradnju saobraćajne infrastrukture. Područja stambene novogradnje rastu brže nego što raste stanovništvo. S obzirom na indikator "površina naselja po stanovniku", postoji značajan disparitet između ruralnih područja (750 m² zemljišta za transport, rekreaciju, industriju, trgovinu, stanovanja po stanovniku) i urbanim sredinama (340 m² po stanovniku) (Slika 7).



Slika 7. *Povećanje površina zona naselja po stanovniku*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

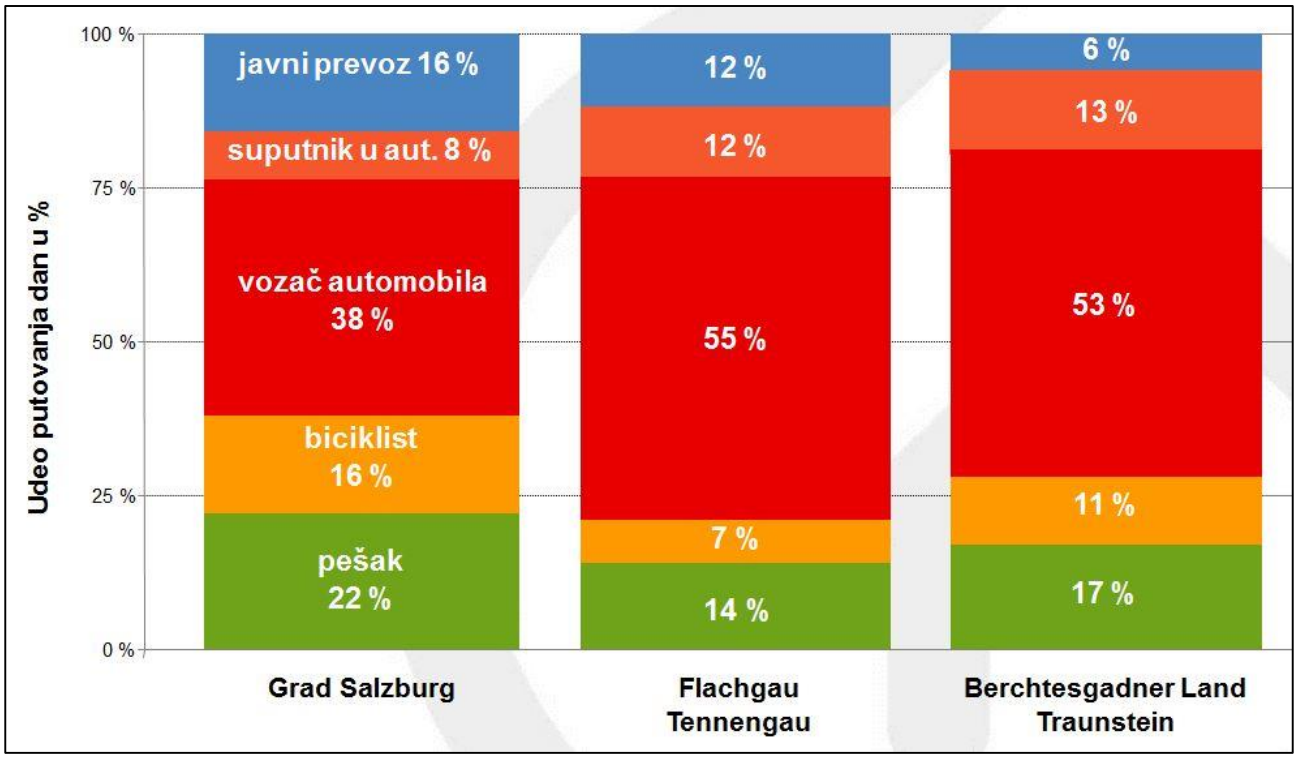
4. POSLEDICE ZA STANOVNIŠTVO, DOMAĆINSTVA, OPŠTINE ...

Zbog karakterističnosti postojećih fizičkih struktura naselja i s njima povezane mobilnosti se domaćinstva nalaze pod pritiskom povećanja potrošnje energije. S obzirom da je (u većini slučajeva) budžet domaćinstava ograničen (ili se možda čak i snižuje), rast troškova za stanovanje i mobilnost smanjuje obim preostalih sredstava za zadovoljavanje drugih svakodnevnih potreba. Uz smanjenje opsega preostalih sredstava povećava se pritisak na domaćinstva da sa - bistvenim promenama u svojem ponašanju – podesno reaguju.

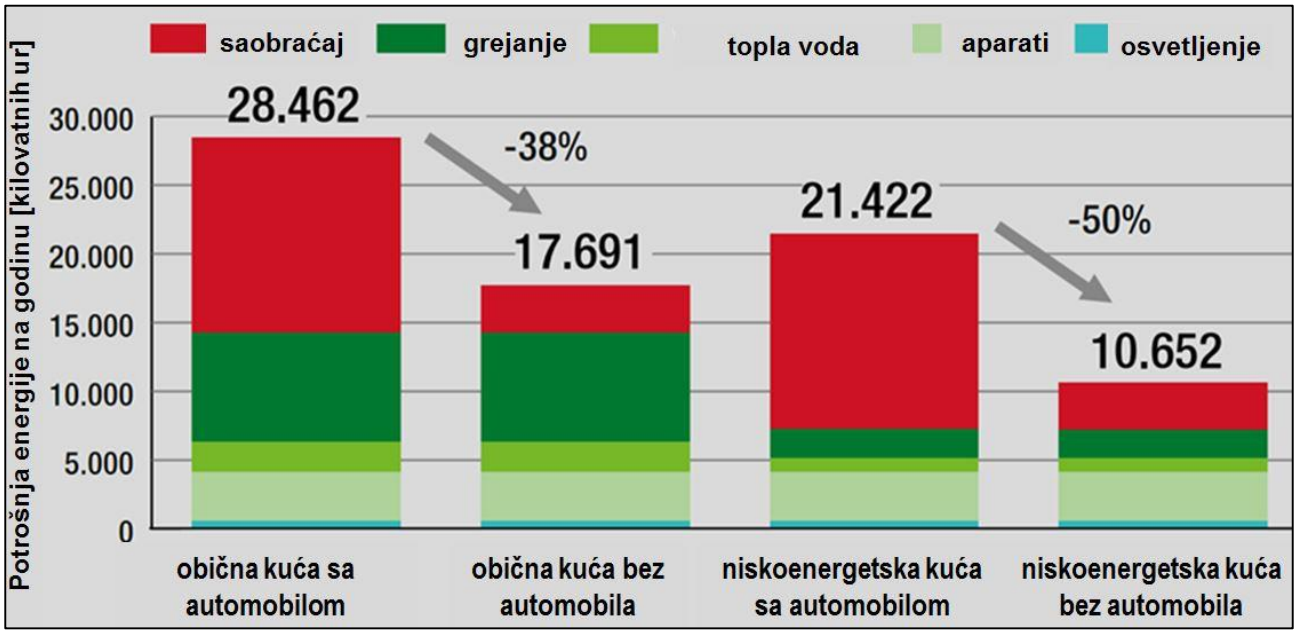
Udeo izdataka domaćinstava za mobilnost zavisi od lokalne gustine stanovništva. U urbanim sredinama sa visokim gustinama, u proseku, oko 13% izdataka domaćinstava daje se za potrebe mobilnosti. U područjima sa manjom gustinom naseljenosti te u seoskim i drugim retko naseljenim područjima, ovaj udeo u izdacima iznosi preko 16%. Udeo troškova korišćenja automobila (kupovina i održavanje) se povećava sa snižavanjem gustine naseljenosti, kao što se na drugoj strani smanjuju troškovi upotrebe sredstava javnog prevoza. Stoga (prinudna) mobilnost - kao faktor troškova koji smanjuje budžet domaćinstva - pogađa posebno domaćinstava u ređe naseljenim područjima.

Podaci iz studije o mobilnosti u Salzburgu (urbana i peri-urbana područja u 2004 g.) podržavaju pomenute relacije. Unutar grada Salzburga je oko 46% svih putovanja obavljeno sa automobilom (vozači i suputnici), u

prigradskim naseljima ovaj udeo iznosi oko 67%. Sa porastom udela putovanja sa automobilima, proporcionalno se smanjuje upotreba bicikala i sredstava javnog prevoza (Herry, 2004) (Slika 8).



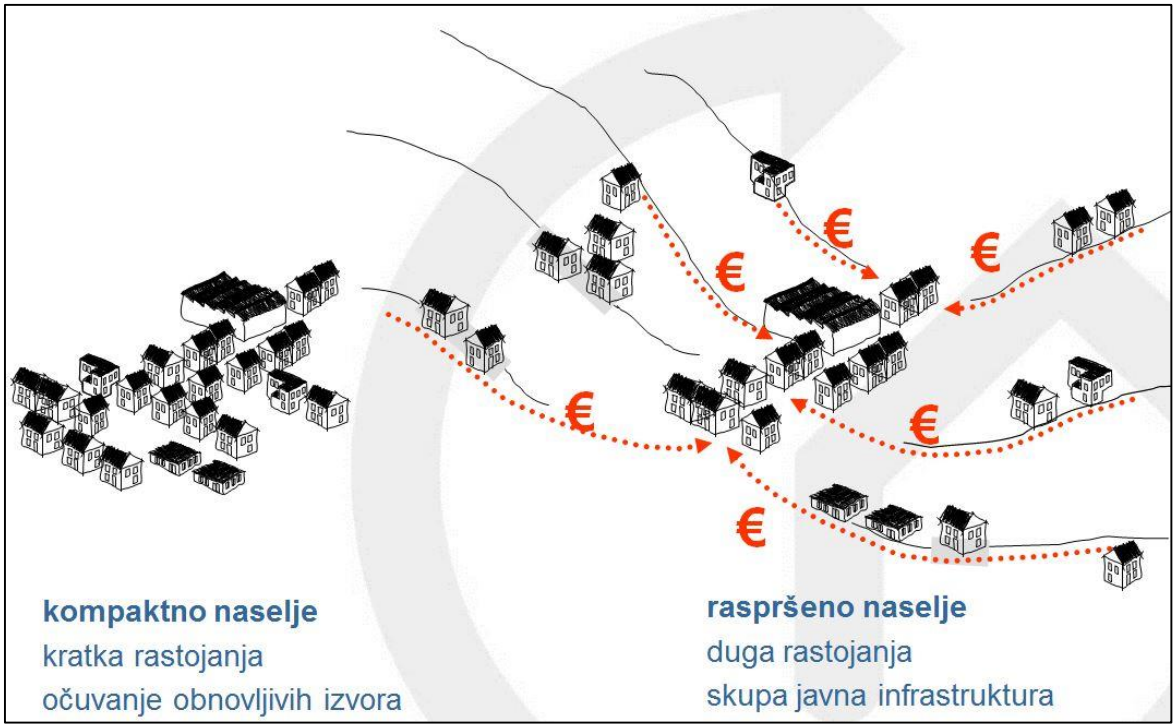
Slika 8. *Prevozna sredstva i modal split*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)



Slika 9. *Saobraćaj sa putničkim automobilima – potrošnja energije u domaćinstvima*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

Saobraćaj sa putničkim automobilima, prema drugim izvorima potrošnje energije u domaćinstvu, preovlađuje. Domaćinstva sa jednim ili više putničkih automobila troše za mobilnost najmanje 50% od ukupne potrošnje energije, dok domaćinstva bez automobila troše za mobilnost tek 20% od ukupne potrošnje energije (VCÖ, 2010) (Slika 9).

Troškovi investicija u pristupne puteve i komunalnu infrastrukturu dva do pet puta su veći u raspršenim nego u kompaktnim naseljima. Dok gradovi i naselja sa kompaktnom strukturom i višespratnim zgradama imaju u proseku 10 do 60 stambenih jedinica / ha i dužinu puteva od oko 5 do 20 m na stambenu jedinicu, pomenuti prosek u raspršenim naseljima je znatno niži i iznosi 0,4 stambene jedinice / ha te od 15 do 150 m dužine puteva na stambenu jedinicu (Doubek, C., Zanetti, G., 1999) (Slika 10).



Slika 10. *Troškovi neefikasnog sistema naselja*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

Posledice neefikasnog prostornog planiranja su mnoge i uticajne. U nastavku predstavljamo neke od važnijih.

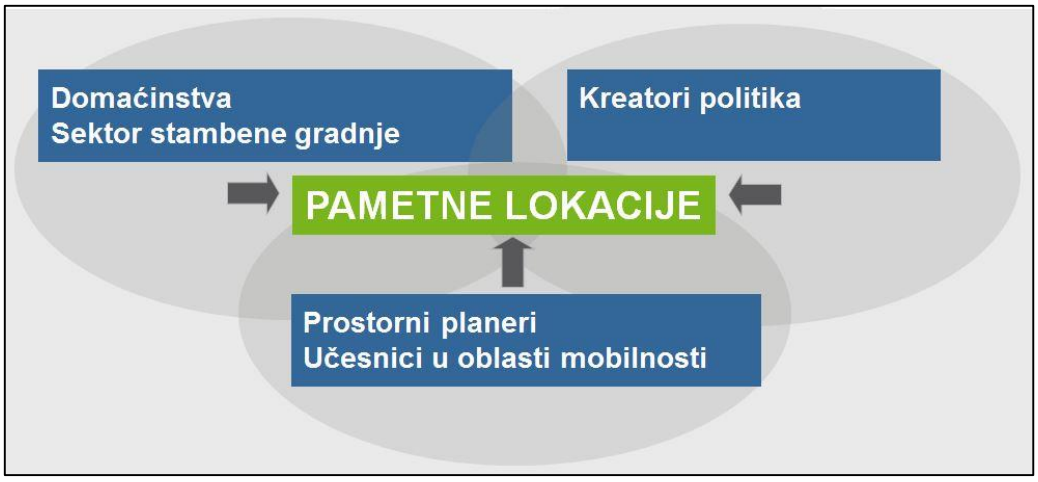
Neefikasno prostorno planiranje povećava troškove stanovništva i domaćinstava koji se odražavaju u:
- Potrebi da se ima u vlasništvu i da se za transportne svrhe koristi automobil.
- Stalnom porastu troškova mobilnosti.
- Nedostatku kvalitetnih transportnih usluga za starije osobe i druge ugrožene grupe stanovništva.

Neefikasno prostorno planiranje povećava troškove opština koji se odražavaju u:
- Visokim troškovima razvoja javne infrastrukture.
- Rasti troškova za održavanje javne infrastrukture.
- Povećanju troškova za javni prevoz i zdravstvenu zaštitu.

Neefikasno prostorno planiranje povećava potrošnju zemljišta i nanosi štetu životnoj sredini.

5. METODOLOGIJA I ORUĐA PROJEKTA MORECO

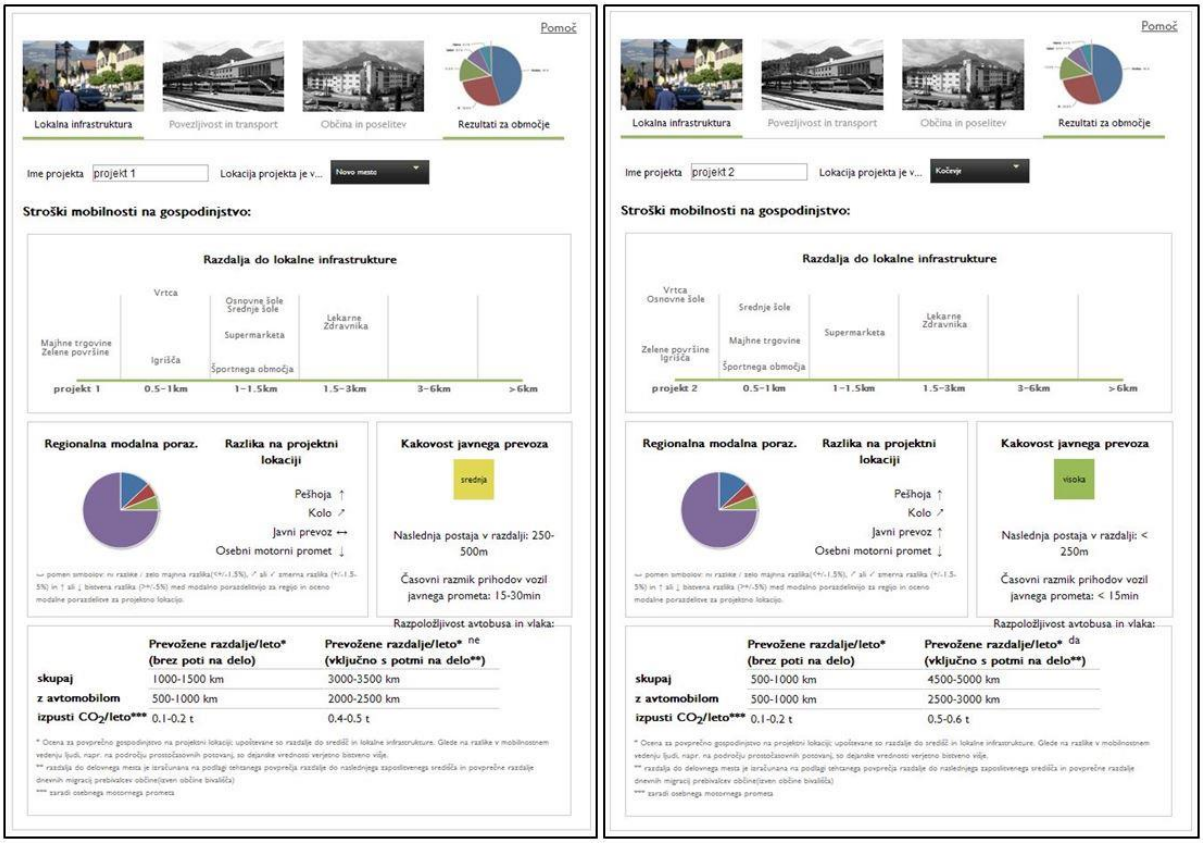
Projekat MORECO povezuje niz mera: (1) pristup odozdo prema gore za domaćinstva koja traže stanovanje (stanove, kuće) i aktere koji su tesno povezani sa njima; (2) tehničke i informaciono-sarađivačke aktivnosti za prostorne planere i ponuđače javnog prevoza; (3) političke / administrativne aktivnosti i strategije, posebno na opštinskom i međuopštinskom nivou. Inovativna oruđa predstavljaju centralni deo pristupa projekta MORECO. Na početku su oruđa bila napravljena u obliku opštih i prenosivih okvira. Zatim su testirana na izabranim pilotnim područjima. Njihova primena obuhvata tehničko usvajanje, izradu programske opreme, unošenje odgovarajućih informacija iz pilotnih područja, obavljanje aktivnosti kalibriranja u pilotnim područjima, itd. Nakon vrednovanja uspešnosti i uticaja primene odabranih oruđa u okviru pilotnih područja njihov će sadržaj biti uključen u tzv. "Belu knjigu projekta MORECO" (Slika 11).



Slika 11. *Metodologija projekta MORECO*
Izvor: (MORECO: Framework tools for political decisions. http://www.moreco-project.eu/index.php)

5.1. Oruđe za prostorne planere

Slika 12 prikazuje primer izračuna za dve moguće lokacije u slovenačkom pilotnom području. Izračun sadrži podatke o modal splitu za celo pilotno područje i pravce njegovog menjanja na proučavanoj lokaciji uzimajući u obzir ulazne podatke korisnika oruđa. Pored toga daje procenu kvaliteta javnog prevoza i informaciju o procenjenim pređenim rastojanjima prosečnog domaćinstva tokom perioda od godinu dana. Dobivene rezultate treba uvažavati i primeniti kao pomoć u donošenju odluka, a ne kao tačne vrednosti i mere.

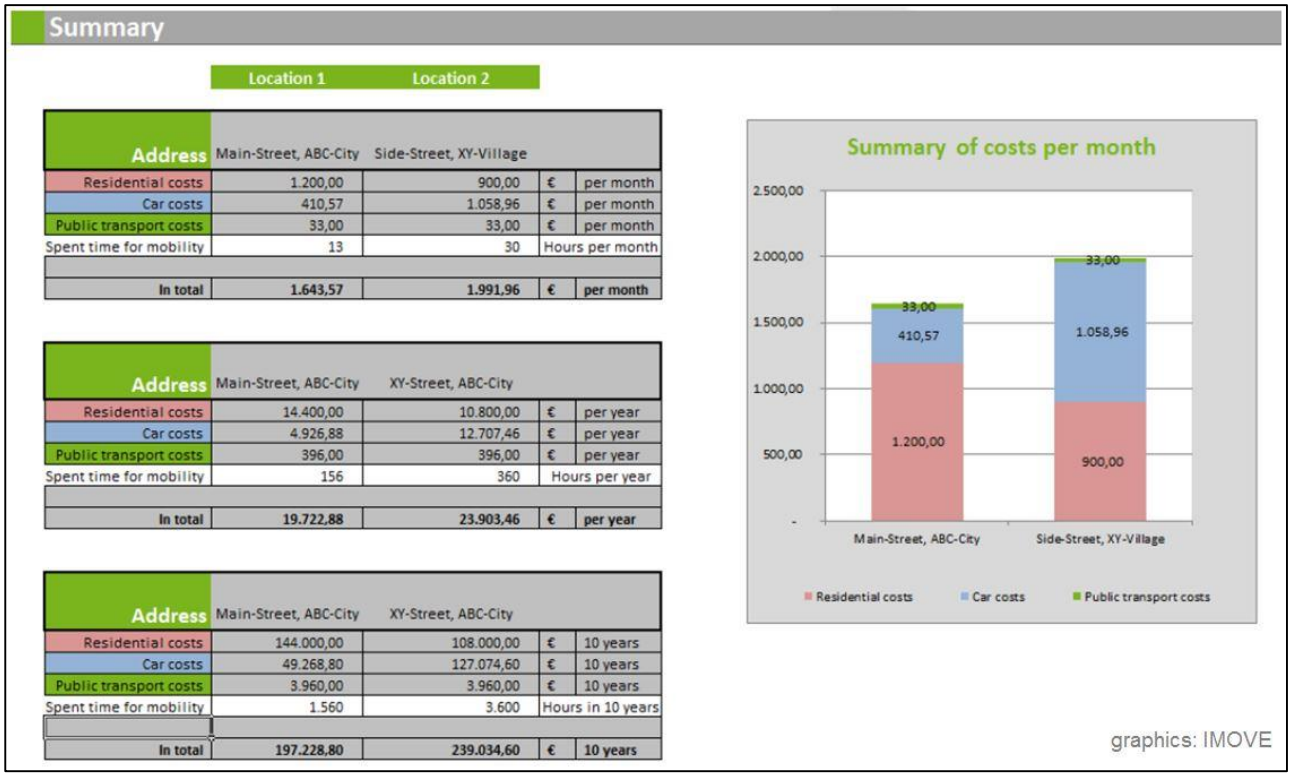


Slika 12. *MORECO Oruđe za prostorne planere – primer izračuna za dve moguće lokacije*
Izvor: (MORECO: Framework tools for spatial planners. https://ispacevm03.researchstudio.at/moreco-slo/)

5.2. Oruđe za domaćinstva

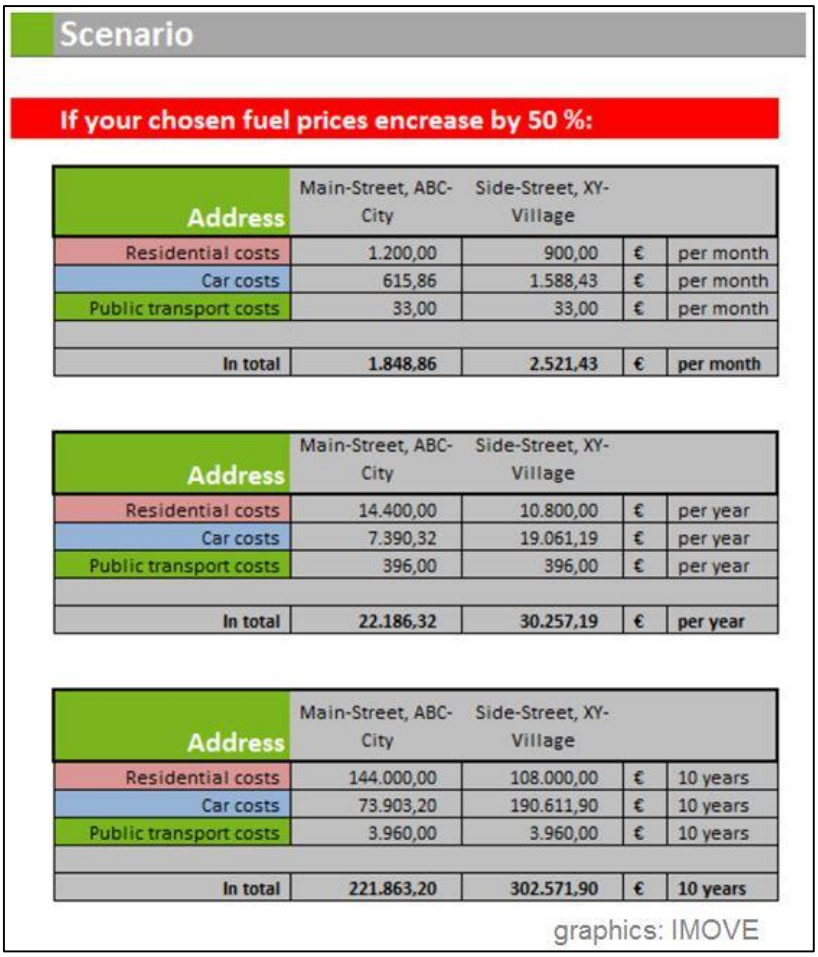
Opšti cilj oruđa za izračunavanje troškova domaćinstava je ponuditi građanima pregled mesečnih troškova mobilnosti i stanovanja uzimajući u obzir moguće lokacije stanovanja. Oruđe daje najveći naglasak izračunavanju troškova mobilnosti koji su podeljeni na troškove korišćenja automobila i troškove korišćenja sredstava javnog prevoza. Oruđe je razvijeno na način da omogućava njegovo jednostavno korišćenje. Oruđe je prvenstveno namenjeno građanima koji su u potrazi za novim stambenim lokacijama i koji žele saznati predviđene buduće troškove mobilnosti. Oruđe bi trebalo da - sa povećanjem transparentnosti uticaja mogućih lokacija na očekivane troškove mobilnosti - utiče na lakše i objektivnije odlučivanje tražioca stanovanja.

Glavni rezultat oruđa je sažetak troškova stanovanja i mobilnosti za jednu ili više izabranih lokacija, koje su podeljene u glavne kategorije troškova. Troškovi su sažeti po različitim vremenskim periodima, naime za period od 1 meseca, 1 godine i 10 godina. Pored toga, sažetak pokazuje i utrošeno vreme (Slika 13).



Slika 13. *MORECO Oruđe za domaćinstva – primer izračuna za dve moguće lokacije*
Izvor: (MORECO: Framework tools for spatial planners. http://moreco.uirs.si/Orodja/Orodjezagospodinjstva.aspx)

Oruđe za izračunavanje troškova uključuje dva moguća scenarija budućeg rasta cena goriva za 50 % i 100%. I uvom slučaju su troškovi stanovanja i mobilnosti izračunati za vremenske periode od 1 meseca, 1 godine i 10 godina. Obračun uzima u obzir samo povećane cene goriva. Budući rast cena u sektoru javnog prevoza veoma je teško predvideti. Možda je ovo izazov za buduće nadogradnje oruđa (Slika 14).



Slika 14. *MORECO Oruđe za domaćinstva – primer izračuna za dve moguće lokacije*
Izvor: (MORECO: Framework tools for spatial planners. http://moreco.uirs.si/Orodja/Orodjezagospodinjstva.aspx)

6. ZAKLJUČAK

Osnovni zaključak rada je, da efikasno urbanističko i prostorno planiranje smanjuje troškove!
Urbanističko i prostorno planiranje mora:

1. Uvažavati ulogu javnog prevoza i podsticati njegovu privlačnost.
2. Obezbediti odgovarajuće gustine naseljenosti.
3. Nuditi atraktivne stambene zone sa malim brojem automobilima.

Iz gore pomenutog proizilaze prednosti za sve učesnike koji su (in)direktno uključeni u procese uređenja prostora i mobilnosti:

1. Građani uštede na troškovima mobilnosti.
2. Opštine uštede na troškovima za razvoj i snabdevanje stanovništva.
3. Državni organi uštede na troškovima zdravstvenog sistema.
4. Uticaji na životnu sredinu su smanjeni.
5. Kvalitet životne sredine se održava / popravlja.
6. Budući programi mera sačuvani su za našu decu.

Literatura

[1] Bischof, D., Riedler, W. et al. 2011 - 2014. MORECO - Mobility and Residential Costs. Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen – SIR. Salzburg. http://www.moreco-project.eu/index.php.

[2] Doubek, C., Zanetti, G. 1999. Siedlungsstruktur und öffentliche Haushalte. Gutachten des Österreichischen Instituts für Raumplanung (ÖIR).

[3] Franz, S. et al. 2013. MORECO household tool. MORECO – Mobility and residential costs. Institut für Mobilität & Verkehr. Kaiserslautern.

[4] Gertz et al. 2008. Zitiert in Frehn, Dittrich-Wesbuer, Verkehrsfolgenabschätzung der Siedlungsentwicklung, Dortmund, im April 2012.

[5] Gulič, A. 2012. Motivations for residential site and mobility mode decisions. MORECO – Mobility and residential costs. Urban Planning Institut of the Republic of Slovenia. Ljubljana.

[6] Herry 2004. Mobilität in Salzburg; Mobilitätserhebung Stadt Salzburg, Flachgau, Tennengau, LK.

[7] Riedler, W. et al. 2013. MORECO Slide Pool for Policy-Makers. MORECO – Mobility and residential costs. Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen – SIR. Salzburg.

[8] Schnürch, D. et al. 2013. MORECO tool for spatial planners. MORECO – Mobility and residential costs. Research Studio iSPACE. Salzburg.

[9] VCÖ 2010. Energiewende - Schlüsselfaktor Verkehr; Schriftenreihe Mobilität mit Zukunft 3/2010; Wien 2010.

UTICAJ UREDBE O KATEGORIZACIJI PUTEVA DONETE 27.02.2012.god. NA PRIVREDNI RAZVOJ TERITORIJE KOJU ODRŽAVA AD“NOVI PAZAR–PUT“

Izet Ljajić,dipl.građ.inž
A.D.“Novi Pazar-put“, izet.ljajic@np-put.rs
Mirsada Uglić,dipl.građ.inž.
A.D.“Novi Pazar-put“, mirsada.uglic@np-put.rs

Rezime: *Najbolje ogledalo stepena razvoja neke države su njeni putevi.*
Razvoj putne infrastrukture prati privredni razvoj kraja kome putna mreža pripada.
Prostor na kom AD „Novi Pazar – put“ održava putnu mrežu ima svoje specifičnosti koje se odnose kako na konfiguraciju terena tako i na klimatske uslove. Pored toga, za najveći deo ovog prostora, putevi su jedina veza sa okruženjem.
U vreme donete Uredbe o kategorizaciji državnih puteva od 27.02.2012.god. na putnoj mreži koju održava ovo preduzeće asfalt je bio zastupljen na svega 73% dužine puteva od čega je „dobrog“ asfalta bilo samo na 42% dužine mreže.
Da bi se izbegle nesagledive posledice koje je Uredba o smanjenju dužine putne mreže za 51% mogla da izazove po ove i onako nerazvijene krajeve, u periodu od skoro dve godine preduzimane su brojne aktivnosti koje su imale nekad manjeg a nekad većeg efekta ali koje su konačno urodile plodom – novom Uredbom od 31.12.2013.god. kojom su nam svi izuzeti putevi ponovo vraćeni, odnosno vraćena im je kategorija državnog puta.

Ključne reči: *loše stanje putne mreže, Uredba o kategorizaciji puteva, nedovoljan privredni razvoj,*

1. UVOD

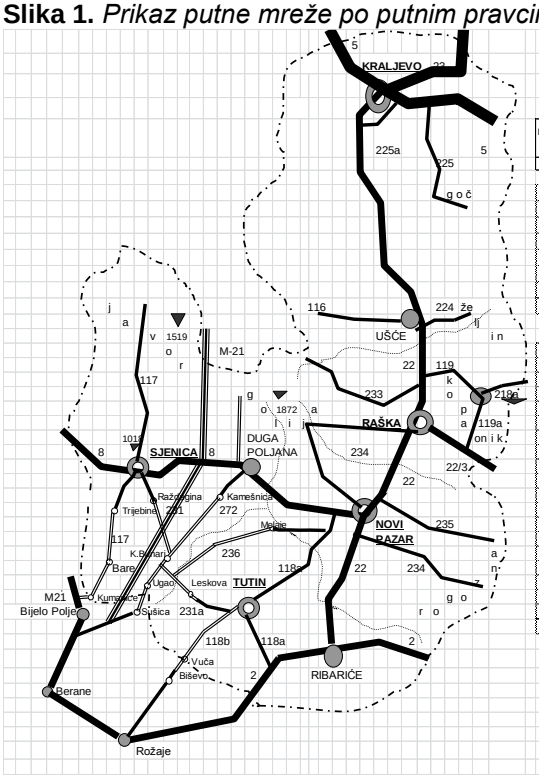
Najbolje ogledalo stepena razvoja neke države su njeni putevi.
Razvoj putne infrastrukture prati privredni razvoj zemlje. Mogućnost brzog i bezbednog prevoza ljudi i dobara je cilj kojem teži svaka država. Ostvarenje tog cilja zavisi od finansijskih mogućnosti i stepena njenog razvoja ali i od ispravnog utvrđivanja prioriteta, definisanja programa rada i načina praćenja njegove realizacije.
Iskustvo duže od pola veka rada na putevima i različite faze koje je u toku tog perioda AD „Novi Pazar – put“ prošao, daju nam za pravo da govorimo o značaju koje putevi imaju za život i razvoj krajeva kroz koje prolaze. Tamo gde još uvek nije došao „asfalt“ nema novih objekata a stari su napušteni. Imanja propadaju jer su ljudi napustili sve i otišli u potragu za boljim životom.
Na drugoj strani, sa dolaskom puta svaki kraj „oživljava“. Niču novi objekti, kako stambeni tako i privredni. Razmišlja se o životu, razvoju i stvaranju budućnosti.

2. STANJE PUTNE MREŽE

Do usvajanja Uredbe o kategorizaciji državnih puteva Vlade Srbije (Sl.Glasnik RS broj 14/2012.godine od 27.02.2012.godine), odnosno do dana primene 01.04.2012.godine, A.D. „Novi Pazar – put“ je na području Kraljeva, Raške , Novog Pazara, Sjenice i Tutina održavao putnu mrežu koju je činilo 26 putnih pravaca ukupne dužine L=929+384km, od čega je bilo 7 puteva I reda dužine L=303+132km i 19 puteva II reda dužine L=626+252km.
Prostor na kom AD „Novi Pazar – put“ održava putnu mrežu ima svoje specifičnosti koje se odnose kako na konfiguraciju terena tako i na klimatske uslove.
Teren na kom su položene trase predmetnih puteva je uglavnom brdovito – planinskog karaktera sa nadmorskim visinama koje se kreću od 200 do 1870m nadmorske visine. Oko 36% naše putne mreže se nalazi na nadmorskim visinama većim od 1000m. Ovi podaci dovoljno ukazuju na otežane uslove kako za redovno održavanje u letnjim tako i za zimsko održavanje puteva.
Od ukupne dužine puteva I i II reda do 01.04.2012.godine na L=682+124km ili 73 % je bio zastupljen savremeni kolovoz, a na nivou Republike taj procenat je iznosio 86%.
Taj odnos zastupljenosti savremenog kolovoza je bio još nepovoljniji jer je samo na 42% ukupne dužine naše putne mreže, odnosno na L=391+801km stanje kolovoza bilo zadovoljavajuće. Od preostalih 31% dužine puteva sa savremenim kolovozom na kojima je bila neophodna rekonstrukcija na 16% ili 110km modernizacija kolovoza je izvršena jednim slojem asfaltnog zastora davnih sedamdesetih po postojećem stanju.

Stanje putne mreže na dan 31.03.2012.godine dato je u prikazima putne mreže po putnim pravcima i po opštinama:

Slika 1. *Prikaz putne mreže po putnim pravcima*



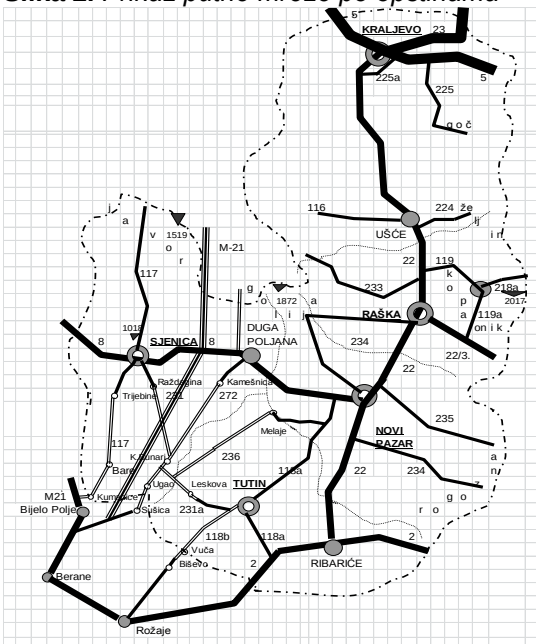
STANJE PUTNE MREŽE

PUTEVA I i II REDA (M I R PUTNIH PRAVACA)

KOJE ODRŽAVA AD " NOVI PAZAR - PUT " NA DAN 31.03.2012.god.

Red. broj	Red. broj	Broj puta	Deonica puta	Ukupno km	Ukupno asfalt km	% 6/5	Rekonstruisano km	% 8/6	% 8/5	za Rekonstrukciju km	% 11/6	% 11/5	Tucanik km	% 14/5	Zemlja km	% 16/5	Neproseceno km	% 18/5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
			I PUTEVI PRVOG REDA (MAGISTRALNI - M PUTEVI)															
1	1	M-2	Jadranska magistrala	26+000	26+000	100		0	0	26+000	100	100		0		0		0
2	2	M-5	Adrani-Kraljevo-Vraneši	21+052	21+052	100	6+000	29	29	15+052	71	71		0		0		0
3	3	M-8	Aljinovići-Sjenica-N.Pazar	73+580	73+580	100	18+600	25	25	54+980	75	75		0		0		0
4	4	M.21.1	Kumanica-Ugao	40+500		0			0			0	3+000	7		0	37+500	93
5	5	M-22	Kraljevo-Ribariče	128+000	128+000	100	81+900	64	64	46+100	36	36		0		0		0
6	6	M-22/3	Raška-Rudnica	11+000	11+000	100		0	0	11+000	100	100		0		0		0
7	7	M-23/1	Kraljevo-Šumarice	3+000	3+000	100	3+000	100	100		0	0		0		0		0
			Svega M - putevi	**303+132**	**262+632**	**87**	**109+500**	**42**	**36**	**153+132**	**58**	**51**	**3+000**	**1**			**37+500**	**12**
			II PUTEVI DRUGOG REDA (REGIONALNI R- PUTEVI)															
8	1	R-116	Ušće-Mlanča	27+052	26+672	99	26+672	100	99				0+380	1				
9	2	R-117	Javor-Sjenica-Crna Gora	74+000	41+500	56	39+000	94	53	2+500	6	3	29+300	40	3+200	4		
10	3	R-118/a	Dojeviće-Tutin-Mehov Krš	35+100	35+100	100	4+100	12	12	31+000	87	87		0				
11	4	R-118/b	Tutin-Vuča-Crna Gora	12+889	0+300	2	0+300	100	2				12+589	98				
12	5	R-119	Biljanovac--Dren	15+000	15+000	100	15+000	100	100					0				
13	6	R-119/a	Još.Banja-Kopaonik-Rudnica	42+000	42+000	100	18+000	43	43	24+000	57	57		0				
14	7	R-218/a	Kopaonik - Jaram	4+120	4+120	100		0	0	4+120	100	100		0				
15	8	R-224	Perovac-Goč	27+103	4+800	18	4+600	96	17	0+200	4	1		0	22+303	82		
16	9	R-225	Kraljevo-Goč	31+500	31+500	100	18+500	59	59	13+000	41	41		0		0		
17	10	R-225/a	Kraljevo-Konarevo	11+500	11+500	100	9+400	82	82	2+100	39	39		0		0		
18	11	R-226	Kraljevo-Samaila	17+000	17+000	100	12+000	71	71	5+000	29	29		0		0		
19	12	R-227	Drakčiće-Roćeviće	15+000	15+000	100		0	0	15+000	100	100		0		0		
20	13	R-231	Sjenica-Bučevo-Ugao	39+500	20+500	52	11+500	56	29	9+000	100	23	19+000	48		0		
21	14	R-231/a	Tutin-Leskova-Ugao	40+000	29+750	74	22+750	76	57	7+000	28	18	0+000	0	5+250	13	5+000	13
22	15	R-233	Brvenik-Rudno	23+500	23+500	100	23+500	100	100					0		0		
23	16	R-234	Raška-Golija-Novi Pazar-Rajetiče	103+610	63+950	62	39+750	62	38	24+200	39	23	23+960	23	10+700	10	5+000	5
24	17	R-235	Novi Pazar-Odojeviće-Kosovo	25+500	6+100	24	4+100	67	16	2+000	33	8	2+910	11	16+490	65		
25	18	R-236	Pazarište-Delimeđe-Ugao	34+378	15+500	45	12+500	81	36	3+000	22	9	2+100	6	10+000	29	6+778	20
26	19	R-272	Preko Brdo-Ugao	47+500	15+700	33	15+700	100	33		0	0	28+000	59		0	3+800	8
			Svega R - putevi	**626+252**	**419+492**	**67**	**277+372**	**66**	**44**	**142+120**	**34**	**23**	**118+239**	**23**	**67+943**	**11**	**20+578**	**4**
			Ukupno M+R	**929+384**	**682+124**	**73**	**386+872**	**57**	**42**	**295+252**	**43**	**31**	**121+239**	**13**	**67+943**	**7,3**	**58+078**	**6**

Slika 2. *Prikaz putne mreže po opštinama*



STANJE PUTNE MREŽE

PUTEVA I i II REDA (M I R PUTNIH PRAVACA) KOJE ODRŽAVA AD " NOVI PAZAR - PUT " PO GRADOVIMA I OPŠTINAMA

SA STANJEM LOKALNIH PUTEVA PO GRADOVIMA I OPŠTINAMA na dan 31.03.2012.god.

LEGENDA

- Sedište sekcije - Opštine
- Sedište punkta
- Naseljeno mesto
- 22 — Broj puta
- Mag.putevi sa savr.kolovozom — km 262+632
- Mag.putevi tamp. i neprosečeno — km 40+500
- Reg.putevi sa savr.kolovozom — km 411+142
- Reg.putevi sa tamp.kol. — km 215+110
- km 929+384

Tabelarni pregled stanja lokalne putne mreže po Gradovima i Opštinama

	lokalni putevi (km) savrem.kol	ostalo	ukupno
GRAD KRALJEVO	186+302	139+895	326+197
%	57	43	100
SO RAŠKA	138+700	261+600	400+300
%	35	65	100
GRAD NOVI PAZAR	69+800	512+500	582+300
%	12	88	100
SO SJENICA	28+240	267+300	295+540
%	10	90	100
SO TUTIN	44+800	613+200	658+000
%	7	93	100
UKUPNO	**467+842**	**1794+495**	**2262+337**
%	21	79	100

OD TOGA:

	putevi I reda (km) savrem. kolovoz	rekonstruisano	za rekonstrukciju	Ostalo	ukupno	putevi II reda (km) savrem. kolovoz	rekonstruisano	za rekonstrukciju	ostalo	ukupno	Ukupno putevi I i II reda (km) ukupno savrem. kolovoz	rekonstruisano	za rekonstrukciju	ostalo	Ukupno I + II reda
SO KRALJEVO	86+052	71+000	15+052		86+052	106+472	71+172	35+300	22+683	129+155	192+524	142+172	50+352	22+683	215+207
%	100	(83)	(17)		100	83	(55)	(28)	17	100	89	(66)	(23)	11	100
%	100	83	17			100	67	33			100	74	26		
SO RAŠKA	39+000	1+200	37+800		39+000	101+970	73+850	28+120	11+060	113+030	140+970	75+050	65+920	11+910	152+030
%	100	(3)	(97)		100	90	(65)	(25)	10	100	93	(50)	(43)	7	100
%	100	3	97			100	60	40			100	53	47		
SO NOVI PAZAR	61+550	24+700	36+850		61+550	73+300	35+700	37+600	48+100	121+400	134+850	60+400	74+450	48+100	182+950
%	100	(40)	(60)		100	60	(29)	(31)	40	100	74	(33)	(41)	26	100
%	100	40	60			100	49	51			100	45	55		
SO SJENICA	44+030	12+600	31+430	40+500	84+530	77+700	66+200	11+500	83+300	161+000	121+730	78+800	42+930	123+800	245+530
%	52	(15)	(37)	48	100	48	(41)	(7)	52	100	50	(32)	(18)	50	100
%	100	28	72			100	85	15			100	65	35		
SO TUTIN	32+000		32+000		32+000	60+050	30+450	29+600	41+617	101+667	92+050	30+450	61+600	41+617	133+667
%	100		(100)		100	59	(30)	(29)	41	100	69	(23)	(46)	31	100
%	100		100			100	50	50			100	33	67		
UKUPNO 2011	262+632	109+500	153+132	40+500	**303+132**	419+492	277+372	142+120	206+760	**626+252**	**682+124**	386+872	295+252	247+260	**929+384**
%	87	(36)	(51)	13	100	67	(44)	(23)	33	100	73	(42)	(31)	27	100
%	100	42	58			100	66	34			100	57	43		
Centralni deo Srbije	**3.153**			**99+000**	**3.252**	**7.049**			**1.545**	**8.594**	**10.202**			**1.644**	**11.846**
%	97			3	100	82			18	100	86			14	100
UKUPNO 2010	262+632	109+500	153+132	40+500	**303+132**	411+142	269+022	142+120	215+110	**626+252**	**673+774**	378+522	298+652	275+360	**929+384**
%	87	(36)	(51)	13	100	66	(43)	(23)	34	100	73	(41)	(32)	27	100
%	100	42	58			100	65	35			100	51	49		
Za rekonstrukciju i izgradnju puteva			**153+132 (51%)**	**40+500 (13%)**	**193+632 (64%)**			**142+120 (23%)**	**206+760 (33%)**	**344+230 (56%)**			**295+252 (31%)**	**247+260 (26%)**	**542+512 (57%)**

Kako su putevi za veći deo ovih prostora jedini vid veze i komunikacije sa privrednim, kulturnim i zdravstvenim centrima, to je uvek postojala potreba za ulaganjem šire društvene zajednice u njihovo poboljšanje radi ravnomernijeg razvoja.

3. POSLEDICE DONETE UREDBE O KATEGORIZACIJI PUTEVA OD 27.02.2012.god.

Na takvo stanje putne mreže područja na kome AD „Novi Pazar – put“ održava državnu putnu mrežu Uredba o kategorizaciji putne mreže doneta 27.02.2012.godine ostavila je nesagledive posledice. Obrazloženje za to je bilo da su pri utvrđivanju državnih putnih pravaca poštovani kriterijumi za kategorizaciju puteva koji su usvojeni Uredbom o kriterijumima za kategorizaciju državnih puteva od 22.05.2009.godine. Grupa primarnih kriterijuma za kategorizaciju je polazila od saobraćajnog položaja putnog pravca u odnosu na saobraćajna težišta dok je grupa sekundarnih kriterijuma polazila od PGDS-a u 2007.godini.
Po primeni nove Uredbe mreža javnih puteva koju održava A.D. „Novi Pazar – put“ na području Kraljeva, Raške , Novog Pazara, Sjenice i Tutina je sa 929+384km smanjena na 419+564km. U procentima izraženo smanjenje od 510km čini da dužina državnih puteva na ovom području koja bi se održavala u budućem vremenu predstavlja **45%** tadašnje dužine putne mreže.
U novoj kategorizaciji državnih puteva svi putevi I reda su obuhvaćeni u okviru mreže puteva IA i IB reda.
Državni putevi II reda R-116 Ivanjica – Ušće i R-117 deo od Javora do Sjenice su dobili kategoriju državnog puta IB reda. Do znatnog smanjenja postojeće putne mreže došlo je na račun puteva II reda.
Posmatrano po područjima i po putnim pravcima izmene dužine kategorizovanih puteva izgledaju:

Tabela 1. *Za područje Kraljeva izmene dužine putne mreže*

R. br	GRAD	Stara kategorizacija			Nova kategorizacija			Zadržano %	Manje km
		Broj puta	Deonica puta	Dužina km	Broj puta	Deonica puta	Dužina km		
1.	KRALJEVO	M-5	Adrani -Kraljevo-Vraneši	21.052	I A-4	Adrani-Kraljevo-Vraneši	21.052		
		M-22	Kraljevo-Biljanovac	62.000	I B -15	Šumarice-Biljanovac	62.000		
		M-23/1	Šumarice-Kraljevo	3.000	I B-15		3.00		
		Svega M-putevi		**86.052**			**86.052**	**100**	0
		R-116	Mlanča-Ušće	27.052	I B -36	Mlanča-Ušće	27.052		
		R-224	Perovac-Gokčanica-Goč	27.130		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-225	Beranovac-Goč	31.500		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-225/a	Kraljevo-Matar.Banja-put M-22	11.500		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-226	Samaila-Čibukovac	17.000	II B -157	Samaila-Čibukovac	17.000		
		R-227	Roćevići-Drakčići	15.000	II B -154	Roćevići-Drakčići	15.000		
		Svega R-putevi		**129.155**			**59.052**	**46**	70
		Ukupno M+R putevi		**215.207**			**145.104**	**67**	70

Tabela 2. *Za područje Raške izmene dužine putne mreže*

R. br	OPŠTINA	Stara kategorizacija			Nova kategorizacija			Zadržano %	Manje km
		Broj puta	Deonica puta	Dužina km	Broj puta	Deonica puta	Dužina km		
2.	RAŠKA	M-22	Biljanovac-Raška-Batnjik	28.000	I B -15	Biljanovac-Raška-Batnjik	28.000		
		M-22.3	Raška-Jerinje	11.000		Raška -Jerinje	11.000		
		Svega M-putevi		**39.000**			**39.000**	**100**	0
		R-119	Biljanovac-Još.Banja-Dren	15.000	II B-160	Biljanovac-Još.banja-Dren	15.000		
		R-119/a	Još.Banja-Kopaonik-Rudnica	42.000	II B-161	Još.banja-Kopaonik-	23.889		
		R-218/a	Kopaonik -Jaram	4.120	II B-161	Kopaonik-Jaram	4.120		
		R-233	Brvenik -Gradac-Rudno	23.500		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-234	Raška-Trnava-Kuti	28.410		Neobuhvaćena deonica	0		
		Svega R-putevi		**113.030**			**43.009**	**38**	70
		Ukupno M+R putevi		**152.030**			**82.009**	**54**	70

Tabela 3. *Za područje Novog Pazara izmena dužine putne mreže*

R. br.	GRAD	Stara kategorizacija			Nova kategorizacija			Zadržano %	Manje km
		Broj puta	Deonica puta	Dužina km	Broj puta	Deonica puta	Dužina km		
3.	**NOVI PAZAR**	M-8	Bele vode-Novi Pazar	29.550	I B -26	Bele vode-Novi Pazar	29.550		
		M-22	Batnjik-Novi Pazar-Tunel	32.000	I B-15	Batnjik-Novi Pazar-Tunel	32.000		
		Svega M-putevi		**61.550**			**61.550**	**100**	0
		R-118/a	Dojeviće-Pazarište-Sebečevo	10.200	II B-156	Dojeviće-Pazarište-Sebečevo	10.200		
		R-234	Golija-Novi Pazar-Rajetiće	75.200		Neobuhvaćena deonica	0.000		
		R-235	Novi Pazar-Odojeviće-Kosovo	25.500		Neobuhvaćena deonica	0.000		
		R-236	Pazarište -Sopoćani-Crnoča	10.500		Neobuhvaćena deonica	0.000		
		Svega R-putevi		**121.400**			**10.200**	**8**	111
		Ukupno M+R putevi		**182.950**			**71.750**	**39**	111

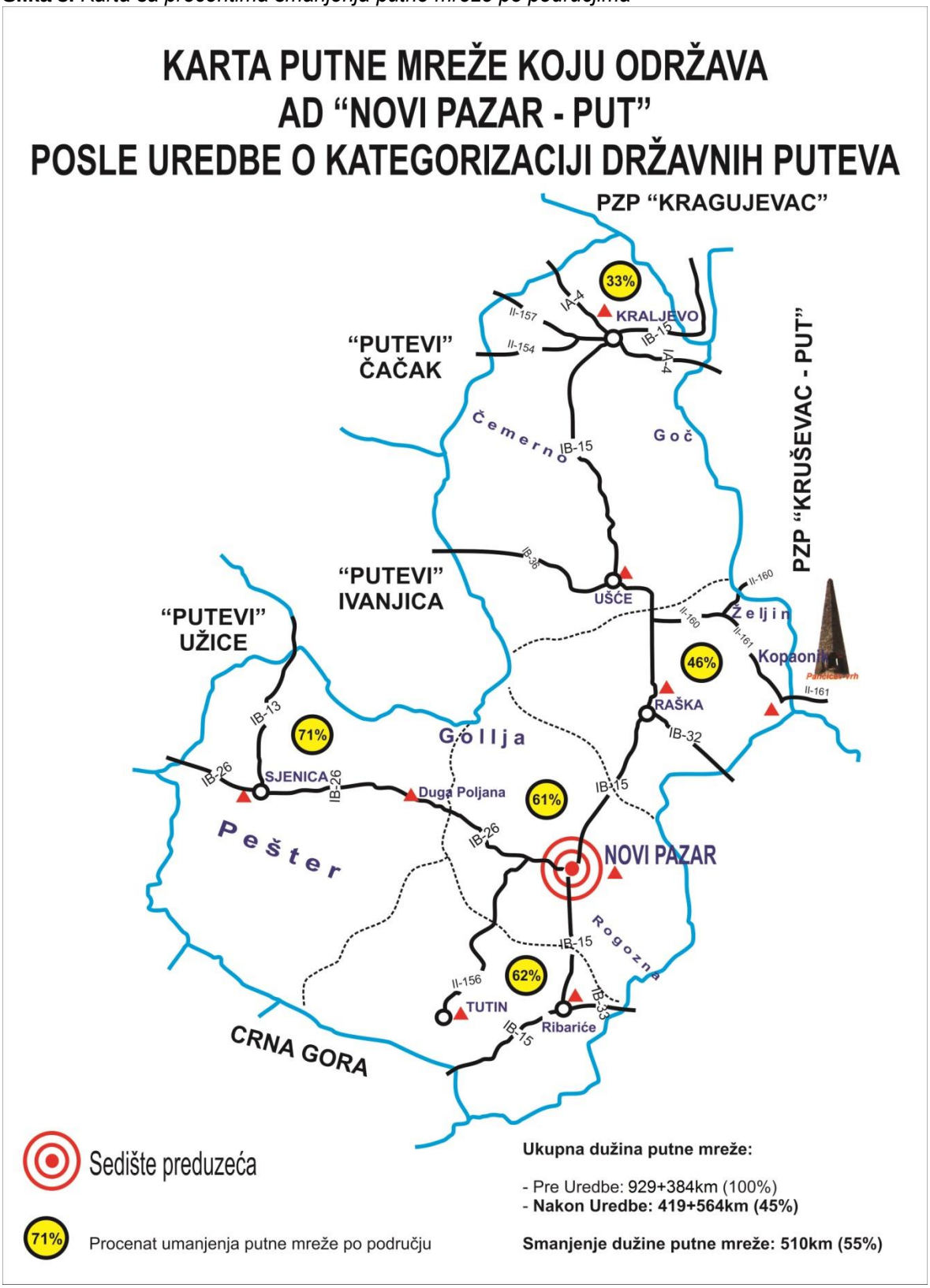
Tabela 4. *Za područje Sjenice izmena dužine putne mreže*

R. br	OPŠTINA	Stara kategorizacija			Nova kategorizacija			Zadržano %	Manje km
		Broj puta	Deonica puta	Dužina km	Broj puta	Deonica puta	Dužina km		
4.	**SJENICA**	M-8	Aljinovići-Sjenica-Bele Vode	44.030	I B -26	Aljinovići-Sjenica-Bele Vode	44.030		
		M-21	Kumanica-Ugao	40.500		Neobuhvaćena deonica	0		
		Svega M-putevi		**84.530**			**44.030**	**52**	40
		R-117/a	Javor-Sjenica-Kumanica	74.000	I B -13	Javor-Sjenica	26.228		
		R-231	Sjenica-Buđevo-Ugao	39.500		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-272	Prekobrdo-Duga poljna-Ugao	47.500		Neobuhvaćena deonica	0		
		Svega R-putevi		**161.000**			**26.228**	16	135
		Ukupno M+R putevi		245.530			70.258	29	175

Tabela 5. *Za područje Tutina izmena dužine putne mreže*

R. br.	OPŠTINA	Stara kategorizacija			Nova kategorizacija			Zadržano %	Manje km
		Broj puta	Deonica puta	Dužina km	Broj puta	Deonica puta	Dužina km		
1.	**TUTIN**	M-2	Crna Gora-Ribariće-Tabalije	25.76	I B-33	Ribariće-Tabalije	10.253		
		M-2	Tunel-Ribariće	6.000	I B -15	Tunel-Ribariće-Crna Gora	21.507		
		Svega M putevi:		**31.760**			**31.760**	100	0
		R-118/a	Sebečevo-Tutin-Mehov krš	24.900	II B-156	Sebečevo-Tutin	18.213		
		R-118/b	Tutin -Vuča	12.889		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-231/a	Ugao-Suvi Do-Tutin	40.000		Neobuhvaćena deonica	0		
		R-236	Crnoča-Melaje-Tuzinje	23.878		Neobuhvaćena deonica	0		
		Svega R-putevi		**101.667**			**18.213**	18	82
		Ukupno M+R putevi		**133.667**			**49.973**	38	82

Slika 3. *Karta sa procentima smanjenja putne mreže po područjima*



Kao stručni ljudi sa dugogodišnjim radom na problematici građenja i održavanja puteva, smatrali smo da su putevi II reda koji su izgubili rang državnog puta neopravdano izuzeti, kako po osnovu usvojenih kriterijuma za kategorizaciju državnih puteva tako i sa aspekta njihovog značaja za razvoj područja na kojima se nalaze. Za očekivanje je bilo da će njihovo izuzimanje negativno uticati na sveukupni razvoj i onako nerazvijenih područja.

O stepenu razvoja ovih krajeva govore podaci o stopi zaposlenosti i indeksu prosečnog godišnjeg neto dohotka po stanovniku za ova područja u odnosu na Republiku. Naime, neizgrađenost putne mreže, posebno na području grada Novog Pazara i opština Sjenice i Tutina, znatno je uticala na usporavanje privrednog razvoja ovog područja. Direktna posledica nerazvijenosti je veliki broj nezaposlenih što je uticalo na povećanu migraciju stanovništva prema gradskim sredinama ali i odlazak stanovništva u inostranstvo na privremeni rad.

Podaci o broju zaposlenih za posmatrano područje za period 1995. - 2013. su dati u tabeli 6.

Tabela 6. *Broj zaposlenih u periodu 1995.-2013.god. u odnosu na broj stanovnika*

redni broj	grad/ opština	1995.			2000.			2005.			2010.			2013.		
		broj stanovnika	broj zaposlenih	%	broj stanovnika	broj zaposlenih	%	broj stanovnika	broj zaposlenih	%	broj stanovnika	broj zaposlenih	%	broj stanovnika	broj zaposlenih	%
1	Srbija	9.995.000	2.241.736	22	9.933.000	1.907.533	19	7.440.769	2.068.964	28	7.291.436	1.795.775	25	7.186.862	1.715.163	24
2	Kraljevo	126.200	31.356	25	125.200	26.144	21	120.625	34.118	28	118.343	28.180	24	125.488	24.418	19
3	Raška	28.700	7.802	27	28.400	6.738	24	26.265	6.311	24	24.943	4.555	18	24.678	4.493	18
4	Novi Pazar	89.900	18.709	21	93.400	16.139	17	90.947	19.250	21	97.851	16.532	17	100.410	15.289	15
5	Sjenica	34.400	5.376	16	35.200	4.208	12	28.120	4.045	14	27.735	3.428	12	26.392	4.280	16
6	Tutin	37.200	2.261	6	38.800	2.136	6	31.182	2.697	9	32.121	3.059	10	31.155	3.133	10

Izvor:Savezni zavod za statistiku

Merodavan podatak koji govori o stepenu razvoja ovog područja u odnosu na ostali deo Srbije je podatak o prosečnoj zaradi bez poreza i doprinosa po stanovniku u periodu 1995.-2013.god.

Tabela 7. *Prosečna zarada bez poreza i doprinosa po stanovniku u periodu 1995.-2013.god.*

redni broj	grad/ opština	1995.		2000.		2005.		2010.		2013.	
		prosečna zarada	indeks	prosečna zarada	indeks	prosečna zarada	indeks	prosečna zarada	indeks	prosečna zarada	indeks
1	Srbija	489	100	4.061	100	22.079	100	34.142	100	43.932	100
2	Kraljevo	369	75	3.312	82	19.688	89	29.095	85	37.400	85
3	Raška	367	75	2.798	69	14.326	65	26.538	78	36.761	84
4	Novi Pazar	391	80	2.463	61	14.414	65	25.577	75	34.652	79
5	Sjenica	307	63	3.157	78	15.941	72	28.359	83	36.523	83
6	Tutin	458	94	2.568	63	19.058	86	26.327	77	37.610	86

Izvor:Savezni zavod za statistiku

Zbog napred navedenog smatramo da prosečan godišnji dnevni saobraćaj PGDS (vozila/dan) kao sekundarni kriterijum za kategorizaciju državnih puteva II reda nikako nije trebao biti presudan za utvrđivanje kategorije puta na našim područjima. Jer tamo gde nema dobrog puta nema ni saobraćaja.

Koliko razvijenost putne mreže ima uticaja na razvoj jedne države prikazali smo uporednim pregledima pet Republika bivše Jugoslavije gde se vidi koliko koja Republika ima površinu, dužinu putne mreže, broj stanovnika, km2/km1 puta, stanovnika/km1 puta kao i broj vozila/km puta.

Tabela 8. *Prikaz osnovnih parametara stanja putne mreže za Republike bivše Jugoslavije*

Republike		Republika Slovenija							Republika Hrvatska							Republika Bosna i Hercegovina						
Red.broj	Kategorija puta	Dužina (km)	Površina (km2)	km^2 /km	Broj stanovnika	Stanovnika /1km	Broj vozila	vozila/ 1km	Dužina (km)	Površina (km2)	km^2 /km	Broj stanovnika	Stanovnika /1km	Broj vozila	vozila/ 1km	Dužina (km)	Površina (km2)	km^2 /km	Broj stanovnika	Stanovnika /1km	Broj vozila	vozila/ 1km
1	**Auto-put**	506							792													
2	**Put I reda (Magistralni)**	1.088							6.725							2.040						
3	**Put II reda (Regionalni)**	4.811							10.544							3.750						
	UKUPNO:	**6.405**	**20.273**	**3,17**	**2.050.189**	**320**	**1.375.556**	**215**	**18.061**	**56.542**	**3,13**	**4.290.612**	**238**	**1.985.064**	**110**	**5.790**	**51.197**	**8,84**	**3.839.737**	**663**	**954.425**	**165**
	INDEKS			**1**		**1**					**1**		**0,7**					**2,79**		**2,1**		

Republike		Republika Crna Gora							Republika Srbija (po Uredbi o kategorizaciji od 27.02.2012.god.)						
Red.broj	Kategorija puta	Dužina (km)	Površina (km2)	km^2 /km	Broj stanovnika	Stanovnika /1km	Broj vozila	vozila/ 1km	Dužina (km)	Površina (km2)	km^2 /km	Broj stanovnika	Stanovnika /1km	Broj vozila	vozila/ 1km
1	**Auto-put**														
2	**Put I reda (Magistralni)**	917													
3	**Put II reda (Regionalni)**	967													
	UKUPNO:	**1.884**	**13.812**	**7,33**	**625.266**	**332**	**1.375.556**	**730**	**10.882**	**77.474**	**7,12**	**7.120.666**	**654**	**1.375.556**	**126**
	INDEKS			**2,32**		**1**					**2,25**		**2,0**		

Izvor:podaci sa interneta

Upoređujući parametar km2/km1 puta za Sloveniju kao najrazvijeniju sa ostalim Republikama indeks za Hrvatsku iznosi 1, za Crnu Goru i Srbiju iznosi 2,2 a za Bosnu i Hercegovinu 2,8. Indeksi za parametar broj stanovnika /km1 puta se kreće od 0,7 za Hrvatsku do 2,3 za Bosnu i Hercegovinu i Srbiju.

Pregled tih podataka za putnu mrežu našeg područja pre i nakon donošenja Uredbe izgleda:

Tabela 9. *Prikaz osnovnih parametara stanja putne mreže za naše područje pre i nakon donošenja Ure*dbe

Red. broj	Grad / Opština	Površina (km2)	Broj stanovnika	Broj domaćinstava	Putevi I i II reda		% zadržane putne mreže (7/6)	% putne mreže koji se ukida (100-7/6)	km2/km puta		% (11/10)	stanovnika/km puta		% (14/13)
					Pre Uredbe	Nakon Uredbe			Pre Uredbe	Nakon Uredbe		Pre Uredbe	Nakon Uredbe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Kraljevo	1.529	127.625	41.889	215+207	145+104	67	33	7,10	10,54	148	593	880	148
2	Raška	666	25.240	8.481	152+030	82+009	54	46	4,38	8,12	185	166	308	185
3	Novi Pazar	742	101.597	23.584	182+950	71+750	39	61	4,06	10,34	255	555	1.416	255
4	Sjenica	1.059	27.720	6.818	245+530	70+258	29	71	4,31	15,07	349	113	395	349
5	Tutin	741	34.932	6.977	133+667	49+973	37	63	5,54	14,83	267	261	699	267
	UKUPNO:	**4.737**	**317.114**	**87.749**	**929+384**	**419+094**	45	**55**	**5,10**	**11,30**	222	**341**	**757**	222

i pokazuje da je, nakon donošenja Uredbe, pripadajuća površina po km1 puta za 60% veća na našim područjima u odnosu na Srbiju (11,3km2/km1 u odnosu na 7,1km2/km1), a da je broj stanovnika po km1 puta na našem području za 13,5% veći od broja stanovnika po km1 puta u Srbiji.

Donošenje ove Uredbe je imalo izuzetno nepovoljne posledice.Smanjenje državne putne mreže i prebacivanje iste u nadležnost lokalne uprave bitno je uticalo na zastoj u razvoju već privredno nedovoljno razvijenih područja.
Posebno iz razloga što postojeće stanje lokalne putne mreže, koji je vrlo dobar pokazatelj stepena razvoja područja, pokazuje da je zastupljenost asfaltnog kolovoza na području na kom AD „Novi Pazar – put“ održava putnu mrežu svega 21% i da se kreće od 57% u Kraljevu do 7% u Tutinu.

Tabela 10. *Pregled stanja lokalne putne mreže po Gradovima i Opštinama 31.03.2012.*

	lokalni putevi (km)		
	savrem.kol.	ostalo	ukupno
GRAD KRALJEVO	186+302	139+895	326+197
%	57	43	100
SO RAŠKA	138+700	261+600	400+300
%	35	65	100
GRAD NOVI PAZAR	69+800	512+500	582+300
%	12	88	100
SO SJENICA	28+240	267+300	295+540
%	10	90	100
SO TUTIN	44+800	613+200	658+000
%	7	93	100
UKUPNO	**467+842**	**1794+495**	**2262+337**
%	21	79	100

Sa primenom Uredbe, odnosno nakon pripajanja puteva II reda koji su izgubili rang državnog puta stanje mreže lokalnih i opštinskih puteva je izgledalo:

Tabela 11. *Pregled stanja lokalne putne mreže po Gradovima i Opštinama nakon donošenja Uredbe*

	lokalni putevi (km)			povećanje (km)	povećanje %
	savrem.kol.	ostalo	ukupno		
GRAD KRALJEVO	234+002	162+195	396+197		
%	59	41	100	70+000	21
SO RAŠKA	195+300	275+000	470+300		
%	42	58	100	70+000	17
GRAD NOVI PAZAR	142+100	551+200	693+300		
%	12	88	100	111+000	19
SO SJENICA	94+739	335+801	430+540		
%	22	78	100	135+000	46
SO TUTIN	87+533	652+467	740+000		
%	12	88	100	82+000	12
UKUPNO	753+674	1976+663	2730+337		
%	28	72	100	468+000	21

Pored toga ona se loše odrazila i na stanje izuzetih puteva. To je ujedno i najveća greška donete Uredbe jer je ona doneta a da pre toga lokalne uprave nisu bile materijalno, ni kadrovski a ni tehnički opremljene da preuzmu brigu o njima.

Putevi su se koristili i propadali više od šest meseci, sve do početka zimske sezone 2012./2013. a da niko nije vodio brigu o njima. To je znatno uticalo na smanjenje bezbednosti odvijanja saobraćaja na njima. O tome svedoče sledeće fotografije:

Slika 4. *Oštećenja na putevima koji su izgrubili rang državnog puta*



Izvor: AD „Novi Pazar-put“

Shvatajući značaj i ozbiljnost zimske službe, niko nije smeo da se upusti u posao zimskog održavanja osim naših preduzeća koja su svoje iskustvo na tim poslovima sticala 50 godina. Zato su svi nadležni u opštinama i gradovima tražili da mi održavamo i te puteve u zimskoj sezoni 2012./2013.godine. Razumevanje da se održavanje ovih puteva u zimskim uslovima prepusti preduzećima koja su to radila i ranije po ugovoru o održavanju je bila jedina svetla strana rada u uslovima nakon donošenja te Uredbe.

4. ODABIR IZVOĐAČA ZA LETNJE ODRŽAVANJE OPŠTINSKIH PUTEVA PUTEM JAVNIH NABAVKI

Krajem 2012.godine u Budžetu države je postojala stavka koja se odnosila na potrebna sredstva za redovno održavanje puteva u letnjim uslovima za narednu 2013.godinu. Za odabir ponuđača bile su predviđene javne nabavke, a ne ustupanje preduzećima koja su ih i ranije održavala,što je još jedan apsurd u nizu vezan za donetu Uredbu.

Zbog nedovoljnog poznavanja problema redovnog održavanja puteva na početku se kod ovih nabavki javio problem definisanja predmera radova, odnosno utvrđivanje vrste i obima potrebnih radova na ovim putnim pravcima. Isti su mogli da se definišu samo uz pomoć preduzeća koja su ih ranije održavala.

Pored toga i vreme raspisivanja javnih nabavki se javio kao problem, jer sprovođenje javne nabavke traži dosta vremena. To vreme teče i umanjuje vremenski period u kom bi se vršilo održavanje opštinskih puteva.

Kao poseban problem kod pojedinih opštinskih Uprava se javila nelojalna konkurencija i sitni šićardžijski interesi, koji su prvo doveli do kašnjenje sa početkom procedura javnih nabavki a potom i do problema oko izbora najpovoljnijeg ponuđača.

Neiskorišćavanje odvojenih sredstava za namenu održavanja puteva država je iskoristila da izvrši njihov rebalans i ista smanji na polovinu. Za puteve na kojima nije rađeno ništa duže od godinu dana duplo su smanjena odobrena sredstva za njihovo održavanje.

5. AKTIVNOSTI NA HITNOM OTKLANJANJU POSLEDICA PROUZROKOVANIH USVOJENOM UREDBOM

Tokom celog perioda - od trenutka donošenja Uredbe i dobijanja informacije od strane upravljača puteva JP „Putevi Srbije“ od 13.03.2012.godine da se plan rada na letnjem održavanju za mesec April sačini prema novoj kategorizaciji puteva pa nadalje, nastojali smo da brojnim dopisima ukažemo na sve nepravilnosti izazvane donetom Uredbom. Slali smo informacije svim nadležnim instituacijama u kojima smo ih upoznavali sa stanjem na terenu, problemima koji se javljaju nakon donete Uredbe, poredili stanje kod nas i zemljama u okruženju i davali predloge kako da se isti prevaziđu. Pored mnogobrojnih dopisa čiju su ozbiljnost shvatili čelnici naših opština i gradova od kojih smo imali veliku podršku, ove stavove smo javno i argumentovano prezentovali na svim skupovima gde nam je bio dozvoljen pristup - kod nadležnih ministara, Predsednika Vlade kao i kod Predsednika Republike. Činilo nam se da smo kod jednog dela javnosti nailazili na razumevanje kada smo objašnjavali da se na području opštine Sjenica dužina puteva umanjuje za 71%, u Tutinu 62%, Novom Pazaru 61% a u Raški za 46%. Jedino je donekle grad Kraljevo mogao da izvrši svoje obaveze prema tim putevima sa smanjenjem mreže za 33%. Najmanje sluha za sve izneto u tim dopisima i obraćanjima imali su neposredni akteri – tvorci ove Uredbe i njihovi najbliži saradnici. Oni su svojim stavovima branili svoju kabinetski donetu odluku. Nisu vredeli mnogo ni zajednički upućivani dopisi više opština, a ni javne osude upućene od čelnih ljudi opštinskih uprava po novinama.
Dolazak stručne ekipe na teren radi sagledavanja stanja puteva i potrebe za njihovo vraćaje državnim putevima, tek je pokazao efekte što je ponovo potvrdilo da je pitanje putne infrastrukture životno pitanje i da se isto nikako ne može rešavati bez neposrednog sagledavanja stanja na terenu.
Takođe smo stručnoj ekipi sve napred navedeno prezentovali i oni su najodgovornije shvatili da su određeni prostori na našoj teritoriji ostali skoro bez puteva. Sve aktivnosti koje smo preduzimali činili smo iz razloga što se dugo bavimo ovom delatnošću i što smo znali kakve će katastrofalne posledice biti nakon donošenja ove Uredbe.

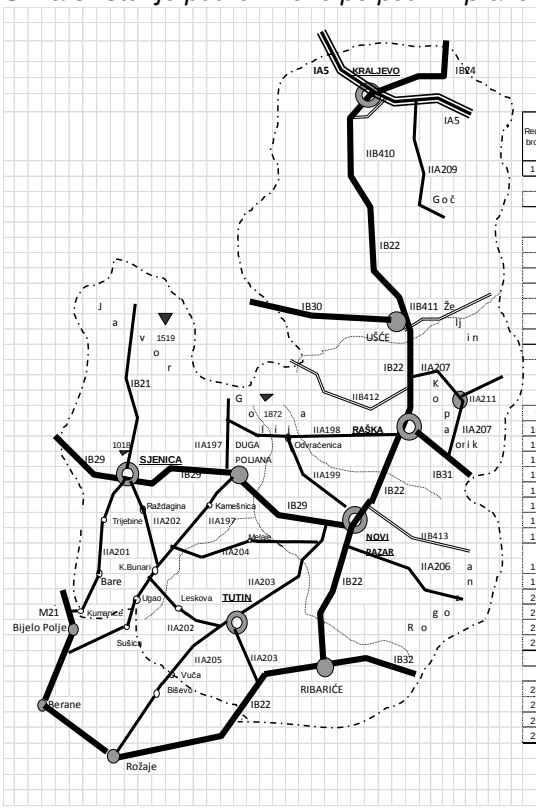
6. DONOŠENJE NOVE UREDBE

Konačno, nakon dve godine je doneta nova Uredba, kojom su nam vraćeni svi putni pravci koji su bili i ranije u funkciji, tj. svi oni koje smo održavali.

Nakon usvajanja nove Uredbe o kategorizaciji državnih puteva Vlade Srbije iz novembra 2013.godine, kojom su ranije izuzeti putevi vraćeni u nadležnost Republike, A.D. „Novi Pazar – put“ na području Kraljeva, Raške, Novog Pazara, Sjenice i Tutina održava putnu mrežu koju čini 27 putnih pravaca ukupne dužine **L=859+367km**, od čega je 8 puteva I reda dužine L=314+816km i 19 puteva II reda dužine L=544+551km. Od ukupne dužine puteva I reda puteva IA prioriteta ima L=21+052km a IB L=293+764km. Kod puteva II reda puteva IIA održavamo u dužini L=456+948km a puteva IIB L=87+603km.

U pogledu zastupljenosti savremenog kolovoza na našoj putnoj mreži od ukupne dužine puteva I i II reda na L=721+845km ili 84 % je zastupljen savremeni kolovoz. U sledećim prilozima je dato stanje putne mreže nakon donošenja nove Uredbe:

Slika 5. *Stanje putne mreže po putnim pravcima na dan 31.12.2013.god.*



Karta br. 1

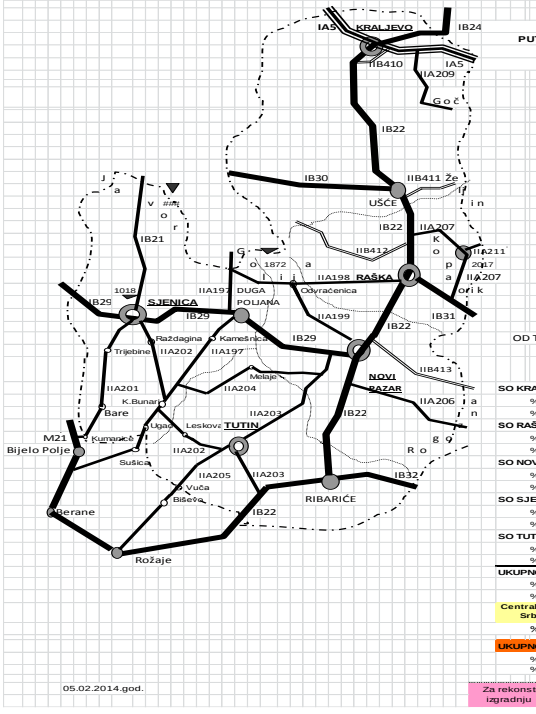
STANJE PUTNE MREŽE

PUTEVA I i II REDA

KOJE ODRŽAVA AD " NOVI PAZAR - PUT " NAKON DONOŠENJA NOVE UREDBE od 31.12.2013.god.

Red. broj	Red. broj	Broj puta stara oznaka	Broj puta prva Uredba	Broj puta nova Uredba	Deonica puta	Ukupno km	Ukupno asfalt km	% 6/5	Rekonstrui sano km	% 8/6	% 8/5	za Rekonstru kciju km	% 11/6	% 11/5	Tucanik km	% 14/5	Zemlja km	% 16/5	Neproseč eno km	% 18/5
1	2	3			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
					PUTEVI PRVOG REDA IA															
1	1	M-5	IA 4	IA5/IB 23	Adrani-Kraljevo-Vraneši	**21+052**	21+052	100	6+000	29	29	15+052				0		0		0
					Svega IB - putevi	**21+052**	**21+052**	**100**	**6+000**	**29**	**29**	**15+052**	**71**	**71**	**0+000**	**0**	**0+000**	**0**	**0+000**	**0**
					PUTEVI PRVOG REDA IB															
2	1	M-2	IB 32	IB 32	Ribariče - Adm.granica KiM	**10+253**	10+253	100				10+253	100							
3	2	M-8	IB 26	IB 29	Aljinovići-Sjenica-N.Pazar	**73+731**	73+731	100	22+027	30	30	51+704	70			0		0		0
4	3	R-116	IB 36	IB 30	Ušće-Mlanča	**27+052**	26+672	99	24+672	93	91	2+000	7	8	0+380	1				
5	4	R-117	IB 13	IB 21	Javor-Sjenica	**26+228**	26+228	100	20+000	76	76	6+228	24	24						
6	5	M-22	IB 15	IB 22	Kraljevo-Ribariće-Crna Gora	143+747	143+747	100	82+473	57	57	61+274	43	43						
7	6	M-22/3	IB 32	IB 31	Raška-Rudnica	**11+253**	11+253	100		0	0	11+253	100	100		0		0		0
8	7	M-23/1	IB 15	IB 24	Kraljevo-Šumarice	**1+500**	1+500	100	1+500	100	100		0	0		0		0		0
					Svega IB - putevi	**293+764**	**293+384**	**100**	**150+672**	**51**	**51**	**142+712**	**49**	**49**	**0+380**					
					UKUPNO PUTEVI I REDA	**314+816**	**314+436**	**100**	**156+672**	**50**	**50**	**157+764**	**50**	**50**	**0+380**	**0**	**0+000**		**0+000**	
					Centralni deo Srbije															
					PUTEVI DRUGOG REDA IIA															
9	1	R-117		IIA 201	Sjenica-Crna Gora	**40+000**	16+000	40	16+000	100	40		0	0	24+000	60				
10	2	R-118/a	II 156	IIA 203	Dojeviće-Tutin-Mehov Krš	**37+000**	37+000	100	4+100	11	10	32+900	89	89		0				
11	3	R-118/b		IIA 205	Tutin-Vuča-Crna Gora	**12+889**	0+300	2	0+300	100	2		0	0	12+589	98				
12	4	R-119	II 160	IIA 207	Biljanovac--Dren	**15+000**	15+000	100	15+000	100	100		0	0		0				
13	5	R-119/a	II 161/119/a	IIA 210	Još Banja-Kopaonik-Rudnica	**43+000**	43+000	100	19+000	44	44	24+000	56	56		0				
14	6	R-218/a	II 161	IIA 211	Kopaonik - Jaram	**4+009**	4+009	100		0	0	4+009	100	100		0				
15	7	R-225		IIA 209	Kraljevo-Goč	**35+500**	35+500	100	22+500	63	63	13+000	37	37		0				
16	8	R-226	II 154	IIA 179	Kraljevo-Samaila	**17+000**	17+000	100	12+000	71	71	5+000	29	29		0				
17	9	R-227	II 155	IIA 181	Drakčiće-Roćeviće	**15+000**	15+000	100		0	0	15+000	100	100		0				
		R-231		IIA 202	Sjenica-Budevo-K.Bunari	**29+500**	21+500	73	12+500	58	58	9+000	42	31	8+000	27				
18	10	R-231/a			Tutin-Leskova-K.Bunari	**31+550**	29+700	94	21+250	72	67	8+450	28	27	1+850	6				
19	11			IIA 198	Raška-Odvraćenica-Preko Brdo	**47+000**	32+000	68	32+000	100	68		0	0	15+000	32				
20	12	R-234		IIA 199	Novi Pazar-Odvraćenica	**33+000**	33+000	100	27+000	82	88	6+000	18	18		0				
21	13			IIA 206	Novi Pazar-Rajetiće-Kosovo	**21+000**	17+000	81	17+000	100	81		0	0	4+000	19				
22	14	R-236		IIA 204	Pazarište-Bačica-Rasno	**32+000**	26+000	81	20+900	80	39	5+100	20	16	6+000	19				
23	15	R-272		IIA 197	Preko Brdo-D. Poljana-Ugao	**43+500**	19+500	45	16+000	82	37	3+500	18	8	24+000	55				
					Svega IIA - putevi	**456+948**	**361+509**	**79**	**235+550**	**65**	**52**	**125+959**	**35**	**28**	**95+439**	**21**	**0+000**		**0+000**	
					PUTEVI DRUGOG REDA IIB															
24	1	R-224		IIB 411	Perovac-Goč	**27+103**	4+800	18	4+600	96	17	0+200	4	1		0	22+303	82		
25	2	R-225/a		IIB 410	Kraljevo-Konarevo	**11+500**	11+500	100	9+500	83	83	2+000	17	17		0		0		
26	3	R-233		IIB 412	Brvenik-Rudno	**23+500**	23+500	100	23+500	100	100		0	0						
27	4	R-235		IIB 413	Novi Pazar-Odojeviće-Kosovo	**25+500**	6+100	24	4+100	67	16	2+000	33	8	19+400	76		0		
					Svega IIB - putevi	**87+603**	**45+900**	**52**	**41+700**	**91**	**48**	**4+200**	**5**	**2**	**19+400**	**3**	**22+303**	**44**	**0+000**	
					UKUPNO PUTEVI II REDA	**544+551**	**407+409**	**75**	**277+250**	**68**	**51**	**130+159**	**32**	**24**	**114+839**	**21**	**22+303**	**4,1**	**0+000**	
					Ukupno IA+IB+IIA+IIB	**859+367**	**721+845**	**84**	**433+922**	**60**	**50**	**287+923**	**40**	**34**	**115+219**	**13**	**22+303**	**3**	**0+000**	
					Centralni deo Srbije															

Slika 6. *Stanje putne mreže po opštinama na dan 31.12.2013.god.*



Karta br. 2

STANJE PUTNE MREŽE

PUTEVA I i II REDA (M i R PUTNIH PRAVACA) KOJE ODRŽAVA AD " NOVI PAZAR - PUT " PO GRADOVIMA I OPŠTINAMA

SA STANJEM LOKALNIH PUTEVA PO GRADOVIMA I OPŠTINAMA na dan 31.12.2013.god.

LEGENDA:

Sedište Sekcije - Opština
Sedište punkta
Naseljeno mesto
IB22 Oznaka puta

putevi I reda: Putevi IA 21+052; Putevi IB 293+764; **Ukupno putevi I reda 314+816**

putevi II reda: Putevi IIA 456+948; Putevi IIB 87+603; **Ukupno putevi II reda 544+551**

Ukupno putevi I +II reda 859+367

Tabelarni pregled stanja lokalne putne mreže po Gradovima i Opštinama

	lokalni putevi (km)		
	savrem.kol	ostalo	ukupno
GRAD KRALJEVO	186+302	139+895	326+197
%	57	43	100
SO RAŠKA	147+000	253+300	400+300
%	37	63	100
GRAD NOVI PAZAR	72+000	510+300	582+300
%	12	88	100
SO SJENICA	28+240	267+300	295+540
%	10	90	100
SO TUTIN	44+800	613+200	658+000
%	7	93	100
UKUPNO	**478+342**	**1783+995**	**2262+337**
%	21	79	100

OD TOGA:

	putevi I reda (km)					putevi II reda (km)					Ukupno putevi I i II reda (km)				
	savrem. kolovoz	rekonstru sano	za rekonstruk ciju	Ostalo	ukupno	savrem. kolovoz	rekonstr uisano	za rekonstru kciju	ostalo	ukupno	ukupno savrem. kolov oz	rekonstrui sano	za rekonstruk ciju	ostalo	Ukupno I + II reda
SO KRALJEVO	111+224	94+172	17+052	0+380	111+604	83+800	48+600	35+200	22+303	106+103	195+024	142+772	52+252	22+683	217+707
%	100	84	15	0	100	79	46	33	21	100	90	66	24	10	100
	100	85	15			100	58	42			100	73	27		
SO RAŠKA	39+253	2+200	37+053		39+253	117+509	89+500	28+009	3+000	120+509	156+762	91+700	65+062	3+000	159+762
%	100	6	94	0	100	98	74	23	2	100	98	57	41	2	100
%	100	6	94			100	76	24			100	58	42		
SO NOVI PAZAR	61+427	27+700	33+727		61+427	76+800	58+900	17+900	35+400	112+200	138+227	86+600	51+627	35+400	173+627
%	100	45	55	0	100	68	52	16	32	100	80	50	30	20	100
%	100	45	55			100	77	23			100	63	37		
SO SJENICA	70+532	32+600	37+932		70+532	57+000	44+500	12+500	56+000	113+000	127+532	77+100	50+432	56+000	183+532
%	100	46	54	0	100	50	39	11	50	100	69	42	27	31	100
%	100	46	54			100	78	22			100	60	40		
SO TUTIN	32+000		32+000		32+000	72+300	35+750	36+550	20+439	92+739	104+300	35+750	68+550	20+439	124+739
%	100	0	100	0	100	78	39	39	22	100	84	29	55	16	100
%	100	0	100			100	49	51			100	34	66		
UKUPNO 2013	314+436	156+672	157+764	0+380	**314+816**	407+409	277+250	130+159	137+142	**544+551**	721+845	433+922	287+923	137+522	**859+367**
%	100	50	50	0	100	75	51	24	25	100	84	50	34	16	100
%	100	50	50			100	68	32			100	60	40		
Centralni deo Srbije															
%															
UKUPNO 2012	262+632	114+429	148+203	40+500	**303+132**	419+492	277+372	142+120	206+760	**626+252**	682+124	391+801	290+323	247+260	**929+384**
%	87	38	49	13	100	67	44	23	33	100	73	42	31	27	100
%	100	44	56			100	66	34			100	57	43		
Za rekonstrukciju i izgradnju puteva			**157+764**	**0+380**	**158+144**			**130+159**	**137+142**	**267+301**			**287+923**	**137+522**	**425+445**
			50	**0**	**50**			**24**	**25**	**49**			**34**	**16**	**50**

05.02.2014.god.

Ovde treba istaći da je od ukupne dužine putne mreže sa savremenim kolovozom na 433+222km ili 60% asfalt u dobrom stanju – rekonstruisan dok je na dužini od L=287+923km ili 40% u takvom stanju da zahteva hitnu rekonstrukciju.

7. NOVI ZAHTEVI PRED UPRAVLJAČEM PUTEVA

Donošenje nove Uredbe, kojom je većem broju putnih pravaca vraćena kategorija državnog puta, je potvrda shvatanja značaja puteva za narod i privredni razvoj od strane države i preduzeća kome su putevi dati na upravljanje. Istovremeno, ona pred JP „Putevi Srbije“ koje je određeno za upravljača putevima postavlja nove zahteve u smislu donošenja realnog programa poboljšanja postojeće putne mreže, sagledavanja stvarnih potreba za poboljšanjem i utvrđivanja realnih prioriteta kao i definisanja realnih izvora finansiranja. Pored toga veoma važno mesto u domaćinskom gazdovanju putevima ima zaštita puteva i putnog pojasa. Ovom pitanju pored Upravljača i celo društvo, preko svojih zakonodavnih i izvršnih institucija, mora dati prioritet i značaj koji mu pripada.

8. ZAKLJUČCI

Ako smo svojim aktivnostima doprineli da se ranije doneta Uredba o kategorizaciji puteva povuče i zameni novom, srećni smo jer su putevi potrebni narodu na prostorima na kojima žive. U protivnom bi, da nije došlo do promene Uredbe, prostori ostali bez puteva a time i bez naroda.

Raspolažemo saznanjima kako se to rešava u razvijenim zemljama. I mi smo mišljenja da je taj način dobar, ali onda kada se u ovoj našoj siromašnoj državi stvore ekonomski uslovi i podloga za primenu ovog koncepta.

9. LITERATURA

[1] Interna dokumentacija preduzeća, pregledi, tabele, slike

[2] Podaci Saveznog zavoda za statistiku Republike Srbije

[3] internet podaci o zemljama u okruženju

УЛАГАЊЕ У ВАРИЈАНТУ АУТОПУТА СУРЧИН - ОБРЕНОВАЦ УМЕСТО У ВАРИЈАНТУ ОСТРУЖНИЦА - ОБРЕНОВАЦ ИЗАЗВАЛО БИ НЕСАГЛЕДИВО ВЕЛИКЕ И ДУГОРОЧНЕ ЕКОНОМСКЕ ГУБИТКЕ

Проф.др Љубиша Кузовић, дипл.инж.саобр.
Inženjerska akademija Srbije, Beograd, ljubisa@sf.bg.ac.rs

Др Бранимир Уjдур, дипл.инж.грађ.
braca.ujdur@gmail.com

Мр Боривоје Алексић, дипл.инж.саобр.
С ПРОЈЕКТ д.о.о.Београд, office@s-projekt.rs

Резиме: Од обилазнице Београда до Обреновца пројектоване су две варијанте аутопута, које се међусобно битно и очигледно разликују по свим најзначајнијим карактеристикама. У раду су излежени основни техно-експлоатациони и економски подаци о пројектованим варијантама, приказано поређење пројектованих варијанти на основу изложених најзначајнијих техно-експлоатационих и економских показатеља и указано на **НЕСАГЛЕДИВО ВЕЛИКЕ И ДУГОРОЧНЕ ЕКОНОМСКЕ ГУБИТКЕ** **које ће претрпети економија Република Србија** **уколико се избор варијанте аутопута изврши применом вишекритеријумске анализе**, која је подложна утицају субјективног фактора, **уместо COST-BENEFIT методом**.

УВОД

Предмет реферата односи се на пројекат аутопута од обилазнице Београда до Обреновца, који представља деоницу будућег аутопута Београд - Јужни Јадран.

Пројектоване су две варијанте, које се међусобно битно и очигледно разликују по свим најзначајнијим карактеристикама, тако да за опредељење, која је варијанта повољнија, практично није потребна никаква анализа.

Но, без обзира на претходни став, у реферату су, у циљу упознавања стручне јавности, изложени сви најзначајнији техничко-експлоатациони и економски показатељи, за обе варијанте, који би, са аспекта елементарног уважавања струке, морали бити меродавни при одлучивању у избору оптималног решења.

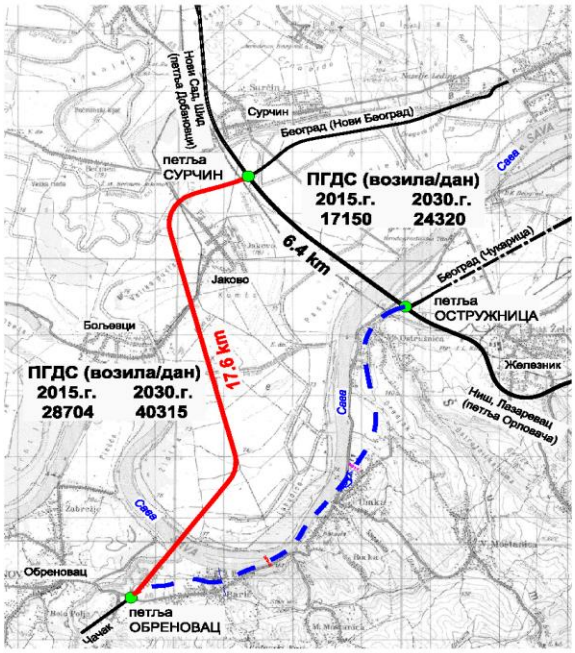
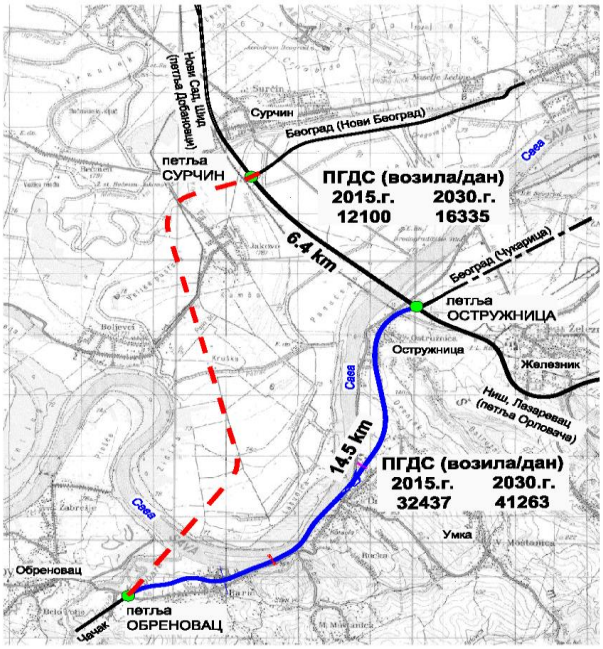
1. ОСНОВНИ ТЕХНО-ЕКСПЛОАТАЦИОНИ И ЕКОНОМСКИ ПОДАЦИ О ПРОЈЕКТОВАНИМ ВАРИЈАНТАМА АУТОПУТА

За пројекат аутопута Београд - Јужни Јадран (тзв. коридор 11) на потезу од обилазнице Београда до Обреновца урађене су две варијанте и то:

- Варијанта аутопута ДЕСНОМ обалом реке Саве од Остружнице до Обреновца (14,5км), у оквиру које је обухваћена и санација клизишта "Умка - Дубоко".
- Варијанта аутопута ЛЕВОМ обалом реке Саве од Сурчина до Обреновца (17,6км).

У наредној шеми приказан је положај варијанти од обилазнице Београда до Обреновца са основним подацима о дужинама, трошковима градње и величином прогнозираних саобраћајних токова, који су у функцији прилагођености варијанти у односу на усмереност саобраћајних токова ка подручјима десно и лево у односу на реку Саву.

Шематски приказ положаја варијанти будућег аутопута од обилазнице Београда до Обреновца са основним подацима о дужинама, трошковима градње и величином прогнозираних саобраћајних токова

варијанта **Сурчин - Обреновац** (**Левом** обалом реке Саве)	варијанта **Остружница - Обреновац** (**Десном** обалом реке Саве)
Тградње: **166.391.188 €**	Тградње: **136.850.000 €**
	

1.1. Траса аутопута ДЕСНОМ обалом реке Саве, од Остружнице до Обреновца

Од обилазнице Београда (петља Остружница) до петље Обреновац пројектоване су две деонице аутопута укупне дужине 14.5 km.

Прва деоница, од петље Остружница до петље Умка, дужине 6.7 km, подразумева доградњу трасе изграђеног полуаутопута.

Друга деоница, од петље Умка до петље Обреновац, дужине 7.8 km, пролази ободним простором клизишта Умка и Дубоко. Провођење аутопута овим простором подразумева трајну санацију клизишта Умка и Дубоко. Санација клизишта подразумева израду камене хидротехничке грађевине (са испуном од песка). **Труп аутопута не пролази кроз тело клизишта**, **већ** ножичном зоном клизишта, **на стабилном тлу, у зони корита реке Саве.**

Пројектом аутопута десном обалом реке Саве обухваћено је и уређење (регулација) корита реке Саве као иницијалног узрочника клизања на простору Умке и Дубоког. Река Сава менадрира и директно подлокава десну брежуљкасту обалу и тиме ствара иницијалне услове процеса клижења.

Поступак микролоцирања трасе аутопута и санационе грађевине, **на потезу клизишта Умка-Дубоко**, спроведен је у више итеративних корака, у циљу избора оптималног решења са задовољавајућим фактором стабилности. Стратешко опредељење пројектантског тима била је, **примена јединственог техничко-технолошког решења, континуално, дуж целог угроженог потеза**.

Предложено решење, осим своје основне улоге - спречавања ерозије и кретања падине, **обезбеђује довољно простора за полагање трупа аутопута и формирање нове регулисане обале реке**. Санациона грађевина се састоји од трапезног каменог насипа који формира нову обалу и испуне од песка између ње и садашње десне обале. Ова испуна чини подлогу за труп аутопута и плато за прилаз обали. Наведене грађевине уједно имају стабилизирајућу функцију (трење и контратерет), штите десну обалу од ерозије и суфозије и заустављају иницијални процес клизања.

Истовремено, **ово техничко решење представља најјефтинију варијанту прилагођену технолошким и природним ресурсима.**

Предвиђени плато између трупа аутопута и нове обалоутврде је целом дужином регулационе грађевине, ширине 15-35 m, и има за циљ да обезбеди приступачност обали, како пешацима тако и сервисним возилима.

Дуж леве обале Саве се врши ископ и рефулирање песка чиме се корито реке дупло проширује и доводи на мере прописане европским стандардима пловног пута.

Период градње целе деонице директно зависи од кључног објекта - камене хидротехничке грађевине, **за чију реализацију је потребно око 18 месеци**.

1.2. Траса аутопута ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца

Варијанта аутопута левом обалом реке Саве обухвата:

- Пројекат аутопута од петље Сурчин до петље Ореновац, укупне дужине 17.6км;
- Пројекат градске магистрале, око 7.9 км, плус продужетак улице Јурија Гагарина око 1.55 км, као и локалне саобраћајнице око 0.95 км, што представљаукупни дужину око 10.4 км.
- Изградњу два моста, преко реке Саве дужине 1580 m и мањи преко реке Колубаре, чија вредност премашује 100 милиона евра.
- Изградњу насипа на коме ће бити изграђена траса аутопута дужине око 17.6 km и у који треба уградити око 2 милиона кубних метара земље.

1.3. Трошкови реализације пројектних варијанти аутопута

Према подацима из Идејних пројеката, трошкови пројектних варијанти су:

Варијанта аутопута	Трошкови градње (€)
ДЕСНОМ обалом реке Саве, од Остружнице до Обреновца	136,850,000
ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца	166,391,188

1.4. Усмереност саобраћајних токова са правца Београд - Јужни Јадран, с обзиром на извор и циљ кретања у односу на подручја леве и десне обале реке Саве

Основну релевантну постојећу путну мрежу на подручју Београда, преко које се одвијају саобраћајни токови на правцу Београд - Јужни Јадран, **са које се очекује да ће знатан део саобраћаја прећи на будући аутопут Београд - Пожега**, чине:

- **пут М 22, Београд (петља Орловача) - Прељина**, којим у Београд стижу саобраћајни токови из: Љига, Горњег Милановца, Прељине, Чачка, Пожеге, Ужица (путем М 5), Краљева, Рашке (путем М 22);
  - Ваљева (путем М4) и даље на једну страну према Осечини (путем М 4) и Бајиној Башти (путем Р 111), а на другу страну према Косјерићу и Пожеги (путем М 21).
- **пут М 19, Београд (петља Остружница) - Обреновац**, којим у Београд стижу: почетно-завршни саобраћајни токови са подручја општине Обреновац, из правца Уба и Ваљева (пут Р 101) и саобраћајни токови из правца Шапца (пут М 19).

Институт за путеве спровео је одговарајућа саобраћајна истраживања на наведеној основној релевантној путној мрежи.

Циљ истраживања био је да се дефинише расподела достигнутих саобраћајних токова са наведене мреже, с обзиром на извор и циљ кретања, у односу на подручја леве и десне обале реке Саве.

Резултати саобраћајних истраживања:

Путни правац	Усмереност саобраћајних токова	
	ДЕСНА обала	ЛЕВА обала
М 22, Београд - Пожега	63%	37%
М 19, Београд - Обреновац	58%	42%
УКУПНО М 22, Београд - Пожега и М 19, Београд - Обреновац	**60.6%**	**39.4%**

2. ПОРЕЂЕЊЕ ПРОЈЕКТОВАНИХ ВАРИЈАНТИ НА ОСНОВУ НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ ТЕХНО-ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ И ЕКОНОМСКИХ ПОКАЗАТЕЉА

1) **<u>УКУПНИ ИЗДАЦИ ИЗ БУЏЕТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ</u>** ЗА ИЗГРАДЊУ АУТОПУТА СУРЧИН - ОБРЕНОВАЦ, УМЕСТО АУТОПУТА ОСТРУЖНИЦА - ОБРЕНОВАЦ, **<u>БИЋЕ ВЕЋИ ЗА око 149.200.000€.</u>**

У наведени износ укључени су:

a) **око 30.000.000€ по основу изградње аутопута ЛЕВОМ обалом реке Саве од СУРЧИНА до Обреновца**, а на основу оба Идејна пројеката аутопута од обилазнице Београда "десном" и "левом" обалом реке Саве које је ревидовала иста Ревизиона комисија;

b) **око 80.000.000€ за санирање клизишта Умка - Дубоко** и довођење хидрауличких и пловидбених параметара реке Саве у складу са европским стандардима, који су укључени у цену изградње аутопута ДЕСНОМ обалом реке Саве, а Идејни пројекат је ревидовала иста Републичка ревизиона комисија;

c) **око 39.200.000€** за **трошкова изградње <u>градске саобраћајнице</u>**, којом се повезује аутопут од Сурчина до Новог Београда. Наведена цена је садржана у Студији оправданости изградње аутопута левом обалом реке Саве, а коју је ревидовала иста Републичка ревизиона комисија;

2) Уколико се усвоји варијанта аутопута **ДЕСНОМ обалом реке Саве, од Остружнице до Обреновца, сви релевантни техно-експлоатациони и економски параметри убедљиво су повољнији** у односу на варијанту левом обалом реке Саве од Сурчина до Обреновца. У најзначајније предности спадају:

d) Постиже се краћи пут од 9.5 km за преко 60% вотила у саобраћајном току.
e) Остварује се већи саобраћајни ток за око 13%, чиме се смањује саобраћај на постојећим путевима 22 (М22) и ___(М19).
f) Стварају се услови за дефинитивно довођење у квалитетно експлоатационо стање пута ___ (М19) од Умке до Обреновца.
g) Значајно се унапређују хидраулички и пловидбени параметри реке Саве у складу са европским стандардима.
h) Са санирањем клизишта Умка - Дубоко, престаје опасност од урушавања око 500 објеката, а око 200 хектара девастираног терена доводи се у квалитетно грађевинско земљиште.
i) Постижу се мањи трошкови експлоатације возила у 30-то годишњем периоду од преко 300,000,000 €.
j) Постижу се мањи трошкови времена путовања путника у путничким аутомобилима и аутобусима у 30-то годишњем периоду за преко 50,000,000 €.
k) Постижу се мањи трошкови одржавања аутопута и дела постојеће мреже путева у 30-то годишњем периоду за преко 10,000,000 €.
l) Не уништава се, за сва времена, преко 120 хиљада хектара пољопривредног земљишта.

3) ПОРЕЂЕЊЕ ПРОЈЕКТОВАНИХ ВАРИЈАНТИ У УСЛОВИМА КОНЦЕСИОНОГ УЛАГАЊА

Уколико се аутопут од обилазнице Београда до Обреновца гради средствима из концесије, период враћања уложених средстава у изградњу аутопута Сурчин - Обреновац приходима од наплате путарине трајао би преко 25 година, док би за варијанту Остружница - Обреновац трајао око 15-20 година. **На тај начин Република Србија ће, по основу дужег трајања концесије, директно претрпети штету због неубирања прихода од путарине у трајању 5 до 10 година.**

4) ПОРЕЂЕЊЕ ПРОЈЕКТОВАНИХ ВАРИЈАНТИ НА БАЗИ COST-BENEFIT УЛАГАЊА

Вредности основних показатеља Cost-Benefit анализе, у које пре свега спадају Интерна стопа рентабилитета (IRR) и Нето садашња вредност (NSV), у директној су зависности од техно-експлоатационих и економсих показатеља разматраних варијанти које су разматране у тачки 1.

- За варијанту аутопута ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца, према Студији оправданости, вредност Интерне стопе рентабилитета (IRR) износи 24.81.
- За варијанту аутопута ДЕСНОМ обалом реке Саве, од Остружнице до Обреновца, није рађена посебна Студија оправданости, већ је рађена за укупна путни потез од Остружнице до Лајковца, где је вредност Интерне стопе рентабиолитета (IRR) 18.46%. С обзиром на значајно већи саобраћај на деоници Остружница - Обреновац, у односу на просечну вредност величине саобраћаја од Остружнице до Лајковца, посредно се може закључити да би величина Интерне стопе рентабилитета за деоницу Остружница - Обреновац била већа од 35%.

3. ПОРЕЂЕЊЕ ПРОЈЕКТОВАНИХ ВАРИЈАНТИ СА УРБАНИСТИЧКО-ЕКОНОМСКОГ АСПЕКТА

Аутопут Е-763 од Београда до Пожеге почео је да се пројектује крајем 2005.г. Претходила су детаљна геолошка испитивања и геодетска мерења. Посао је подељен између Института за путева и Саобраћајног института ЦИП. Прву половони трасе, која је предмет расправе, урадио је Институт за путеве у складу са важећи Просторним планом и након озбиљног истраживања положаја трасе на подручју Умке и Дубоког. Било је више варијанти због евидентиране две клизне равни. Група експерата се одлучила за најцелисходније, најјефтиније и најсигурније техничко решење, а то је израда насипа од камена у кориту на десној обали реке Саве.

Пројектним решењем "подметнуто је раме" од каменог насипау количини око 1.5 - 2.0 милиона m^3 у ножици клизишта на дужини 4.2 km, са коефицијентом сигурности 1.5. На тај начин би се зауставило архаично клизиште које угрожава око 500 кућа на подручју Умке.

Ова полемика је доказ како како једна непромишљена одлука може да закомликује живот и ангажује десетине паметних људи на решавању тривијалног проблема.

Првобитно је, у складу са Просторним планом Републике Србије, што је највиши плански документ, урађен пре 30 година Идејни пројекат уласка аутопута Београд - Јужни Јадран (Е-763) у Београд. Тада, пре 30 година, урађен је пут од Сајма, преко Остружнице, до Умке. Наставак аутопута Е-763 био је логичан наставак трасе преко Умке, уз услов да се реши проблем клизишта.

Нико не спори да је на Умци, након озбиљно спроведеног геолошког истраживања, утврђено да постоје две клизне равни:: "плића" клизна раван, због нерешеног проблема кишне и фекалне канализације и "дубља" клизна раван настала због геолошког склопа тла.

Треба рећи да су разматране варијанте: заобилажења Умке, тунелски пролаз кроз Умку, систем вертикалних дренова који су требали да одведу воду из клизне равни у дубље слојеве тла, итд. Међутим, после озбиљног проучавања, одлучило се за камени набачај на десној обали реке Саве. Изградња насипа од камена,који својом тежином зауставља кретање тла клизишта које угрожава насеље, показало се најбољим решењем.

Шта се добија са тим:

- Урађено је у складу са Просторним планом Републике Србије.
- Трајно се санира клизиште на Умци.
- Локација Дубоко је ручевито и ненасељено подручје, површине 200 хектара. Говори се о урбанизацији и изградњи "ВАРОША НА ВОДИ" површине 78 хектара, чија вредност се процењује на три милијарде евра, а овде је реч о три пута већој површини на којој нема расељавања, скидања колосека итд. На овој локацији коефицијент заузетости парцела је 0.5, а степен изграђености 1:2 или 1:3. Лако је закључити да се на локацији "Дубоко" може изградити минимум 2,000,000 - 3,000,000 m^2 ексклузивних вила уз реку и аутопут, чија вредност у изградњи премашује 2 милијарде евра. Само од накнаде за коришћење градског грађевинског земљишта на локацији "Дубоко" град би приходовао око 60,000,000 до 80,000,000 €. Са тим парама решио би се деценијски проблем фекалне и кишне канализације на Умци, а тиме и проблем плитког клизишта.

О овом аспекту, при изради вишекритеријумске анализе, очигледно се није водило рачуна.

Вишекритеријумска анализа је ослоњена на Генерални урбанистички план Београда, који је предвидео улазак аутопута Е-763 и контакт са обилазницом Београда на новој петљи Сурчин. Треба имати на уму да је ГУП Београда по рангу нижи плански документ од Просторног плана Републике Србије. Међутим, ту се дешавају чудне ствари. Неко је дао налог да се Просторни план Србије промени у делу уласка аутопута Е-763 у Београд и наводно усклади са ГУП-ом Београда, који је нижи плански документ, и тиме прави непроцењиву штету.

Напомињемо, за варијанту ДЕСНОМ обалом реке Саве, од Остружнице до Обреновца, није потребно вршити експропријацију од Барича до Умке, јер траса иде десном обалом реке Саве, али и од Умке до ОСтружнице, где је пре 30 година урађена експропијација и изграђен један коловоз. Такође, петља Остружница је већим делом изграђена.

Када би се градила траса аутопута ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца, поред угоржавања водо изворишта и скупих мера заштите истих, уз напомену да се Нови Београд и Земун снабдевају водом преко рени бунара лоцираних на левој обали реке Саве, треба експрописати око 160 хектара сремске плодне земље. Још толика површина плодног земљишта ће да се контаминира од саобраћаја.

Ако би се прихватила варијанта ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца, у укупне трошкове би се, поред изградње 17.6km аутопута, морало укључити:

- Заштита водозахвата;
- Санација клизишта Умка - Дубоко, апстрахујући тим нонсес да се граде два пута један поред другог на левој обали реке Саве, јер је пре две године изграђен државни пут за Срем који повезује општине Обреновац и Сурчин;
- Такође, нико није у трошкове варијанте ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца, укључио издатке за израду студијско-пројектне документације са геолошким истраживањима, која супретходила изради десном обалом, као и трошкове измене и допуне просторног плана, у циљу анатемисања варијанте десном обалом;
- Дозвољено је да се уђе у експропијацију варијанте ЛЕВОМ обалом реке Саве, и ако је јасно да је првобитно решење варијанте десном обалом помирило све захтеве насеља Умка и локације "Дубоко", и да се град растерећује трошка од 100 милиона евра за санирање клизишта и решавање егзистенцијалних проблема грађана Умке, чије су куће угрожене клизањем тла према кориту реке Саве.

Уколико се у анализи оправданости варијанте ЛЕВОМ обалом реке Саве, од Сурчина до Обреновца, укључе сви наведени трошкови, свакоме је јасно да се овде не ради у струци и о технички оправданом решењу, већ да иза тога стоји неки други интерес.

Интересантно је како се извршила измена и допуна Просторног плана Србије. Ко је дао тај налог и зашто. Очигледно, да би се анатемисала варијанта десном обалом реке Саве од Остружнице до Обреновца.

ТРЕБА, НЕИЗОСТАВНО, ПОКРЕНУТИ ПОСТУПАК И ВРАТИТИ У ПРВОБИТНО СТАЊЕ ПРОСТОРНИ ПЛАН РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ У ДЕЛУ УЛАСКА АУТОПУТА Е-763 НА ДЕСНОЈ СТРАНИ РЕКЕ САВЕ.

Пројекти за улазак аутопута Е-763 на ДЕСНОЈ страни реке Саве, од Остружнице до Обреновца, урађени су, ревидовани и прихваћени од Републичке ревизионе комисије. Напомињемо да није потребно вршити експропијацију на том делу трасе. Практично се може одмах приступити изради тендера за градњу те деонице, а паралелно са том активношћу променити Просторни план Републике Србије у спорном делу.

Уколико би се усвојила варијанта ЛЕВОМ обалом реке Саве преко 60% саобраћајног тока би имало дужи пут за око 9.5 km.

Тешко је поверовати да такве елементарне ствари ревидетни не сагледавају.

Мишљења смо да је потребно да се још једном уради ревизија, узимајући у обзир све наведене аргументе, мада је јасно да је то поновно ГУБЉЕЊЕ ВРЕМЕНА И ПАРА. Треба, једноставно, **донети одлуку да се пројекат враћа на првобитно пројектовано решење ДЕСНОМ обалом реке Саве, од Остружнице до Обреновца.**

4. СТАВ РЕПУБЛИЧКЕ РЕВИЗИОНЕ КОМИСИЈЕ О ИЗБОРУ ТРАСЕ АУТОПУТА ОД ОБИЛАЗНИЦЕ БЕОГРАДА ДО ОБРЕНОВЦА

Републичка ревизиона комисија донела је одлуку да је повољнија варијанта аутопута ДЕСНОМ обалом реке Саве, преко Сурчина. Свој став о избору варијанте аутопута Комисија је засновала на резултатима студије вишекритеријумске анализе, уз образложење да је по већини критеријума у наведеној студији предност дата "Сурчинској" варијанти.

5. СТАВ АУТОРА РЕФЕРАТА О ИЗБОРУ ТРАСЕ АУТОПУТА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОМ АНАЛИЗОМ

Аутори реферата сматрају да **резултати вишекритеријумске анализе НЕ МОГУ и НЕ СМЕЈУ БИТИ МЕРОДАВНИ, ма какви да су, за избор варијанте изградње аутопута од обилазнице Београда до Обреновца, јер су у принципу подложни јаком субјективном утицају обрађивача.**

Уколико се избор варијанте аутопута Београд - Јужни Јадран на деоници Београд (обилазница) - Обреновац изврши **применом ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ АНАЛИЗЕ**, која је подложна утицају субјективног фактора, уместо COST-BENEFIT методом, незнање или зла намера довешће до резултата да се улагањем у варијанту СУРЧИН - ОБРЕНОВАЦ уместо у варијанту ОСТРУЖНИЦА - ОБРЕНОВАЦ, **учини несагледива ШТЕТА ЗА ЕКОНОМИЈУ СРБИЈЕ**.

6. ПРЕДЛОГ АУТОРА РЕФЕРАТА О ПОСТУПКУ ПРИ ИЗБОРУ ТРАСЕ АУТОПУТА ОД ОБИЛАЗНИЦЕ БЕОГРАДА ДО ОБРЕНОВЦА И ДАВАЊА КОНЦЕСИЈЕ

- ПРЕ ДОНОШЕЊА КОНАЧНЕ ОДЛУКЕ О ИЗБОРУ ВАРИЈАНТЕ АУТОПУТА ОД ОБИЛАЗНИЦЕ БЕОГРАДА ДО ОБРЕНОВЦА ТРЕБА ДА СЕ ИЗВРШИ ПОРЕЂЕЊЕ ВАРИЈАНТИ НА БАЗИ СВИХ РЕЛАВАНТНИХ ТЕХНО-ЕКОНОМСКИХ ПАРАМЕТАРА УЗ ПРИМЕНУ COST-BENEFIT АНАЛИЗЕ, ЧИЈЕ НАЛАЗЕ ЈЕДИНО УВАЖАВАЈУ БАНКЕ ПРИ ОДЛУЧИВАЊУ О УЛАГАЊУ У ПУТНУ ИНФРАСТРУКТУРУ (СВЕТСКА БАНКА, ЕВРОПСКА БАНКА, ЕКСИМ БАНКА И ДРУГЕ).

- ПРЕ РАСПИСИВАЊА КОНКУРСА ЗА ДАВАЊЕ КОНЦЕСИЈЕ ЗА ИЗГРАДЊУ, КОРИШЋЕЊЕ И ОДРЖАВАЊЕ АУТОПУТА ОД БЕОГРАДА ДО ПОЖЕГЕ ТРЕБА УРАДИТИ СТУДИЈУ ИЗВОДЉИВОСТИ СА КОМЕРЦИЈАЛНО-ФИНАНСИЈСКОГ АСПЕКТА, КОЈОМ БИ СЕ УТВРДИО РЕАЛАН РОК ТРАЈАЊА КОНЦЕСИОНОГ ПЕРИОДА.

Финансирање градње и одржавање путне инфраструктуре

Construction Funding and Maintenance of Road Infrastructure

3

COST-BENEFIT И COST-EFFECTIVENESS АНАЛИЗА ЗИМСКОГ ОДРЖАВАЊА

др Драженко Главић, дипл.инж.саоб.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, drazen@via-vita.org.rs

Марина Миленковић, дипл.инж.саоб.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Александар Трифуновић, дипл.инж.саоб.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

Резиме: *Зимско одржавање има важну улогу у обезбеђивању нормалног функционисања привредних и друштвених активности, за шта је основни предуслов нормално функционисање саобраћајног система, пре свега друмског саобраћаја кроз осигурање мобилности, нивоа услуге и безбедности корисника пута. Предузећа задужена за одржавање су стално пред изазовом да обезбеде висок ниво услуге (НУ) и побољшају мобилност и безбедност у зимским условима. Постоји потреба да се боље разумеју и квантитативно утврде трошкови, користи и ефекти зимског одржавања путева. Стога ће овај рад представљати покушај идентификовања и квантификовања трошкова и користи зимског одржавање, као и дефинисање методолошког оквира за COST-BENEFIT и COST-EFFECTIVENESS анализу. Дефинисана COST-BENEFIT и COST-EFFECTIVENESS АНАЛИЗА ЗИМСКОГ ОДРЖАВАЊА могу наћи примену код доношења одлука о улагању повећаних средстава, као и одлука о стандардима-нивоима зимског одржавања, који проузрокују различите параметре у CBA анализи (IRR, B/C, ENSV) и CEA анализи. На крају рада као резултат биће рада биће дате методолошке смернице за CBA И CEA зимског одржавања.*
Кључне речи: *CBA, CEA, Зимско одржавање, трошкови одржавања пута, директне користи, индиректне користи.*

УВОД

Зимски услови проузрокују снег, лед и тзв. бљузгавицу на путевима и улицама стварајући отежане услове вожње и проблеме за кориснике путева, екстремно и прекиде у саобраћају. Да би се ови проблеми свели на минимум, службе које су задужене за одржавање путева предузимају одговарајуће оперативне мере (чишћење пута и посипање соли, ризле и других агенса). Наведене активности зимског одржавања директно утичу на, повећану мобилност, смањење експлоатационих трошкова возила, смањење времена путовања и повећање безбедности. Међутим, стручној јавности није у потпуности јасно, који су ефекти, колико износе трошкови и користи зимског одржавања, нити како би се могла вршити економска анализа зимског одржавања. Који је утицај зимског одржавања путева на доношење одлука о путовању? Колике су уштеде у трошковима експлоатације? Колико зимско одржавање чини путеве безбеднијим? Колико се времена путовања може уштедети активностима зимског одржавања? И на крају која је крајња укупна економска вредност директних и индиректних користи-ефеката зимског одржавања?

ЛИТЕРАРНИ ПРЕГЛЕД

Kuemmel and Hanbali (1992) су спровели benefit/cost анализу посипања путне соли, као средства за спречавање настанка леда. Анализа је обухватила директне користи које су остварене уштедама у трошковима експлоатације возила, уштедама у времену путовања и смањењем броја саобраћајних незгода. Резултати овог истраживања су показали да су трошкови времена путовања смањени са 22,2 центи/пређеној миљи на 16,6 центи/пређеној миљи, на двотрачним путевима, и са 13,3 центи/пређеној миљи на 11,1 центи/пређеној миљи на аутопутевима. Укупни директни трошкови експлоатације возила за возаче су се смањили са 7,3 центи/пређеној миљи на 6,1 центи/пређеној миљи на двотрачним путевима и са 53,5 центи/пређеној миљи на 23,8 центи/пређеној миљи на аутопутевима, након активности одржавања. Стопа саобраћајних незгода пре посипања соли, на двотрачним путевима је била око 8 пута, а на аутопутевима 4,5 пута већа него након посипања соли. Зимско одржавање је смањило трошкове саобраћајних незгода на двотрачним путевима за 88%, а на аутопутевима за 85%.

Thornes (2002) је у свом раду квантификовао користи и трошкове зимског одржавања за Уједињено Краљевство. У директне користи је урачунао користи остварене смањењем саобраћајних незгода, смањењем временских губитака, користи које су остварене правовременом реакцијом хитне службе и користи које су остварене смањењем потрошње горива. Трошкови одржавања су обухватили корозију (пропадање) возила, корозију моста/пута, корозију опреме пута, загађење воде, штете настале по вегетацију и земљиште и трошкове посипања соли. На основу укупног односа корист/трошак Thornes (2000) је показао да је за сваку утрошену фунту на зимско одржавање у Уједињеном Краљевству сачувано око 8 фунти.

Шведски национални институт за путеве и саобраћајна истраживања (VTI) (2004; 2006) је развио алат, назван Зимски модел, за утврђивање утицаја стратегија и мера зимског одржавања на кориснике путева, службе које се баве одржавањем и друштво у целини. Збирни модел користи неколико подмодела који процењују утицаје зимског одржавања на саобраћајне незгоде, приступачност, трошкове експлоатације возила (нпр. трошкови горива и одржавања), животну средину и на инфраструктуру. Сви ови подмодели се ослањају на податке из централног модела који прати стање коловоза из сата у сат, на основу временских прилика, активности зимског одржавања и података о саобраћају.

У раду који је спроведен од стране Environmental Canada (2002) идентификоване су директне и индиректне користи које настају услед коришћења соли у зимском одржавању. У директне користи су сврстане: уштеде у потрошњи горива (33% смањења), уштеде у времену путовања ($11.00 по сату за путнички аутомобил и $9.73 по сату за аутобус) и смањен број саобраћајних незгода. У индиректне користи су сврстана: смањења одштетних захтева, користи остварене привредним делатностима (које се процењују по сату по запосленом) и користи остварене омогућеним друштвеним активностима.

Qiu and Nixon (2008; 2009) су развили метод за мерење учинка активности зимског одржавања у погледу безбедности и мобилности. Истраживачи су нагласили да многе раније студије нису вредновале резултате зимског одржавања укључивањем фактора као што су тежина олује, карактеристике пута и активности зимског одржавања. Да би се ово решило, развијен је индекс тежине олује, са утицајима временских прилика и зимског одржавања на стања коловоза.

Shahdah and Fu (2010) су истраживали користи зимског одржавања по мобилност. У раду је коришћен симулациони модел којим је симулирано одвијање саобраћаја при скупу претпостављених снежних догађаја (са ниским, средњим и великим интензитетом снежних падавина) и различитих сценарија одржавања (без одржавања или са идеалним одржавањем, које подразумева очишћен и мокар коловоз). Резултати истраживања су открили да идеално спроведено одржавање, током снежних падавина малог интензитета, може произвести уштеде у укупном времену путовања (у поређењу са сценаријом у коме је коловоз покривен снегом) од око 6% до 7% за однос ток/капацитет од 0,35 до 0,60, 26% до 27 % за однос ток/капацитет од 0,70 до 0,75 и 10% до 11% за однос ток/капацитет између 0,90 и 1,00. Уштеде у времену путовања су се повећале са повећањем интензитета снежних падавина, и за падавине великог интензитета ове уштеде су износиле између 7% до 11% за однос ток/капацитет од 0.35 до 0.60, 29% до 36% за однос ток/капацитет од 0,70 до 0,75 и 5% до 12% за однос ток/капациет од 0,90 до 1,00. Ова симулацијом се дошло да налаза да потенцијално смањење у укупном времену путовања услед зимског одржавања путева може достићи вредност чак до 36%.

Shi (2010) је идентификовао неколико користи које проистичу из активности зимског одржавања. Директне користи су укључивале побољшану мобилност, смањене трошкове путовања и смањен број саобраћајних незгода,. Индиректне користи су укључивале одрживу економску продуктивност, смањен број одштетних захтева и непрекидан рад хитних служби. Констатовано је да се ове користи не остварују без трошкова, који укључују материјале, рад, опрему и утицаје на возила, инфраструктуру и животну средину.

Fu et al. (2012) су у свом раду увели приступ усмерен на квантификовање утицаја активности зимског одржавања на безбедност и мобилност саобраћаја. У раду су разматрана два сценарија са различитим временима која су потребна да се коловоз врати у првобитно стање. Просечан број саобраћајних незгода током периода снежне олује у условима два сценарија су 6,058 (без одржавања) и 3,671 (са одржавањем, два сата након снежне олује). Корист активности зимског одржавања стога представља смањење од 2,387 саобраћајних незгода, односно смањење од 39,4%. Повећање нивоа услуге (повећање вредности RSI) доводи до повећања обима саобраћаја.

Повећање обима саобраћаја може се претворити у корист која настаје услед смањења нереализованих путовања (тј. ова путовања би иначе била отказана или одложена). Поред тога, повећање вредности RSI би такође повећало просечну брзину, а тиме смањило времена путовања, што се може квантификовати кроз новчане јединице на основу вредности времена. Корист по мобилност постизањем циљног RSI од 0,8, који представља очишћен коловоз, је у границама вредности од 17.000.000 до 32.000.000 $ по сезони.

Garrett Donaher (2014) је у својој студији испитивала однос између зимског одржавања и мобилности користећи два одвојена приступа. Први приступ, коришћењем регресионе анализе, процењује просечно смањење у обиму саобраћаја и просечној брзини током снежне олује у функцији температуре, брзине ветра, видљивости, укупних падавина током догађаја, индекса стања коловоза (RSI) и доба дана. Други приступ је заснован на коришћењу часовног скупа података, у коме се спроводи регресиона анализа за процену просечног смањења медијане брзине за сваки сат снежне олује у функцији температуре, брзине ветра, видљивости, падавина, RSI и доба дана. У раду је потом приказана примена развијених модела за квантификовање последица, по мобилност, алтернативних политика и програма зимског одржавања. Користи су остварене повећањем брзине (уштеде у времену путовања) и смањењем нереализованих путовања (корист која је остварена путовањем). У раду је претпостављена једнолична вредност од $10 по путовању које није реализовано (за неостварену корист од реализованог путовања) и вредност времена од $20 по сату (за уштеде у времену путовања). Користи по мобилност постизањем циљног RSI од 0,8 (очишћен коловоз) износе 17 милиона долара по зимској сезони на мрежи путева у Онтарију.

Ye et al. (2012) су у свом раду развили три модела за процену директних користи зимског одржавања (уштеде у времену путовања, уштеде у потрошњи горива и смањен број саобраћајних незгода). Два сценарија су дефинисана: базни случај - претпоставља да зимско одржавање није спроведено (или је спроведено у малој мери) и постојећи случај – овај сценарио одговара стварним активностима зимског одржавања које спроводи надлежна служба. Смањења у саобраћајним незгодама представљају користи зимског одржавања. Уштеде у времену путовања, које су резултат разлика у брзинама путовања дуж деонице пута при различитим нивоима зимског одржавања, су формиране као метод за процену друге категорије квантитативних користи зимског одржавања. Коначно, разлике у потрошњи горива, при условима где је одржавање спроведено или није спроведено, су основане за процену користи од уштеда у гориву услед зимског одржавања. Процене које су добијене за Минесоту за 2005-2006 зимску сезону показују да зимско одржавање производи финансијску корист од $227,088,014. С обзиром да су трошкови материјала по сезони били $36.6 милиона долара (за 828 одржаваних деоница), однос користи/трошкови зимског одржавања је био 6,0, не узимајући у обзир друге трошкове (нпр. рад, опрема).

3. COST-BENEFIT и COST-EFFECTIVENESS АНАЛИЗА ЗИМСКОГ ОДРЖАВАЊА

COST-BENEFIT анализа (CBA), понекад се назива и BENEFIT-COST анализа (BCA), је процес прорачуна и поређења користи и трошкова путем параметара CBA (NSV, IRR, B/C) за неки пројекат, одлуку или политику.

CBA најчешће има две сврхе :

1. Да утврди да ли је инвестиција или одлука економски и/или финансијски оправдана, односно да ли је изводљива са економског и/или финансијски аспекта,
2. У одабиру оптималног решења и поређењу пројеката и то по параметрима CBA као што су max IRR, max NSV, max B/C, max B, max B_I/C min.

CBA је веома важна и распрострањена техника за разлику од CEA. У CBA, користи и трошкови су изражени у новцу. Вредност новца у временској димензији (сви токови трошкова и користи по годинама или неким другим временским јединицама) су сведене на један временски пресек, тј. најчешће на садашњу вредност новца

Уско повезана али незнатно различита је CEA која користи не изражава у новчаним јединицама већ инжењерским параметрима који могу бити у конкретном случају, повећана ефикасност, повећана брзина кретања, повећан НУ, мања време путовања, повећана безбедност итд.

3.1. COST-BENEFIT АНАЛИЗА (CBA) ЗИМСКОГ ОДРЖАВАЊА

CBA зимског одржавања би могла анализирати исплативост улагања у зимско одржавање, избор најбоље варијанте-стандарда одржавања, кроз анализу параметара IRR, NSV, B/C, B, C. Наведена анализа се код нас тренутно не ради нити су стручњаци упознати са истом.

Трошкови и користи зимског одржавања се генерално могу поделити на директне и индиректне.

Директни трошкови зимског одржавања су: трошкови потрошног материјала, трошкови опреме и трошкови рада: Индиректни трошкови су: трошкови инфраструктуре (оштећења мостова, опреме крај пута итд.), трошкови повећане амортизације возила због корозије и трошкови заштите возила од корозије која настаје услед употребе путне соли и трошкови по животну средину (деградација воде, вегетације, земљишта и живог света).

Директне користи су уштеде у потрошњи горива, уштеде у времену путовања и смањењем нереализованих путовања, као и користи које су настале услед смањеног броја саобраћајних незгода. У индиректне користи спадају користи које су настале услед смањеног броја одштетних захтева, одржавања привредних делатности (смањења губитака у производњи и испорукама робе, смањења губитака у зарадама), омогућеног приступа друштвеним активностима (одзив хитне службе и корист остварена из могућности да се учествује у друштвеним активностима).



Слика 1. Директне и индиректне користи и трошкови зимског одржавања

Да би се могла вршити CBA потребно је рачунски утврдити користи и трошкове зимског одржавања. Овај рад презентоваће методологију за утврђивање трошкова и користи зимског одржавања, која може бити искоришћена у сврху утврђивања исплативости зимског одржавања, или у сврху одабира оптималног стандарда одржавања.

3.1. Трошкови зимског одржавања

Трошкове зимског одржавања се могу поделити у 3 категорије:

a) трошкови материјала,
b) трошкова радне снаге, и
c) трошкови опреме.

Модел за квантификовање трошкова зимског одржавања има следећи облик:

$$\mathbf{T_{ZO}} = f(P_{ZO}, NU_{ZO}, I_{TZ})$$

где:

T_{ZO} - трошкови зимског одржавања,
P_{ZO} - површина (дужина*ширина коловоза) која се одржава,
NU_{ZO} - ниво услуге одржавања или стандард одржавања на путевима који јединица за одржавање жели постићи, често карактерише коловозно стање,
I_{TZ} - индекс тежине зиме за подручје.

У нашим условима не постоје емпиријски подаци, односно тачно праћење од стране ЈП ПС колико су ови трошкови по појединим путним правцима и деоницама. Наведене трошкове би требало систематски пратити и регистровати, тако да би се знала тачна цена по $м^2$ зимског одржавања у функцији ранга пута и стандарда одржавања. Једини тренутно доступан податак је аналитичког карактера, а према литератури која потиче из немачких искуства где процењује трошкове зимског одржавања у функцији надморске висине (количине падавина) и категорије саобраћајнице [13]. Наведене искуства се не могу директно применити код нас те је потребно систематски евидентирати трошкове зимског одржавања да би се они могли користити у CBA као емпиријски податак.

3.2. Користи од зимског одржавања

Користи од зимског одржавања се могу квантификовати као директне и индиректне.

Директне користи могу да се квантификују и деле се на:

- Уштеде у трошковима експлоатације возила;
- Уштеде у трошковима времена путовања;
- Уштеде у трошковима СН;
- Смањење нереализованих путовања.

Индиректне користи се знатно теже квантификују, а често су знатно веће од директних користи (нарочиту у случајевима прекида саобраћаја).

Индиректне користи се остварују:

- Одвијањем привредних делатности без прекида.
- Одвијањем друштвених активности.
- Мањим бројем одштетних захтева.

Због обимности начина утврђивања индиректних користи овај рад ће анализирати само директне користи, што значи да би у CBA користи биле знатно веће са укључивањем индиректних користи. Методи за квантификовање директних користи су изложени у наредним поднасловима.

3.2.1 Метод за квантификовање користи од времена путовања

Користи времена путовања су проистекле из уштеде у времену путовања на одржаваној деоници пута. За неко i-то возило, уштеде у времену путовања на одређеној деоници се рачунају на следећи начин:

- Уштеде у времену путовања **путника у ПА**

$$B_{VP_{PA}} = L\left(\frac{1}{V_{1_{PA}}} - \frac{1}{V_{2_{PA}}}\right)\left(n \times PDS_{PA} \times p_{PA} \times \left(\sum_i C_{PA_i} \times s_{PA_i}\right)\right) \quad (1)$$

- Уштеде у времену путовања **путника у БУС**

$$B_{VP_{BUS}} = L\left(\frac{1}{V_{1_{BUS}}} - \frac{1}{V_{2_{BUS}}}\right)\left(n \times PDS_{BUS} \times p_{BUS} \times \left(\sum_i C_{BUS_i} \times s_{BUS_i}\right)\right) \quad (2)$$

- Уштеде у времену путовања **робе у ТВ**

$$B_{VP_{TV}} = L\left(\frac{1}{V_{1_{TV}}} - \frac{1}{V_{2_{TV}}}\right)(n \times PDS_{TV} \times p_{TV} \times C_{TV}) \quad (3)$$

3.2.2. Модел за процену уштеда у експлоатационим трошковима возила

Користи од трошкова експлоатације возила (VOC) се добијају разликом трошкова експлоатације возила у условима без (или са лошим) зимским одржавањем у односу на услове са добрим зимским одржавањем. Методологија која се односи на утврђивање VOC у условима без и са зимским условима је иста као и класична методологија и из разлога обимности она се неће детаљно елаборирати. Односно у раду ће се дати само основни образац, који има облик према једначини 4:

$$B_{VOC} = L \times n\left(\sum_i PDS_i \times \left(C_{1_i} - C_{2_i}\right)\right) \quad (4)$$

3.2.3. Модел за процену уштеда трошковима саобраћајних незгода

Да би се процениле користи зимског одржавања по безбедност, важно је утврдити однос између броја и тежине СН са зимским одржавањем и броја СН у условима лошег зимског одржавања екстремно без одржавања.

Модел за утврђивање користи од смањења броја саобраћајних незгода у функцији је просечне цене СН, броја СН по км у условима са и без зимског одржавања и анализиране дужине путног правца, форма образца је приказана у једначини 5.

$$B_{SN} = L \times C_{SN} \times (N_1 - N_2) \quad (5)$$

3.2.4. Модел за процену уштеда по основу реализованих путовања

Користи од смањеног броја не реализованих путовања су у функцији просечне цене једног не реализованог путовања и броја не реализованих путовања услед лошег зимског одржавања, форма образца је приказана у једначини 6.

$$B_{NRP} = C_{NRP} \times n \times PDS \times p_{NRP} \quad (6)$$

3.3. Процедура CBA зимског одржавања

Процедура CBA зимског одржавања и прорачун параметара IRR, NSV, B/C, B, C би се могла илустровати у следећој радној табели.

Временске јединице	Трошкови зимског одржавања			Користи зимског одржавања од уштеда у				Нето ток новца (4+5+6+7-1-2-3)
	1	2	3	4	5	6	7	
	трошкови материјала	трошкова радне снаге	трошкови опреме.	трошковима експлоатације возила	трошковима времена путовања	трошковима СН	броју нереализованих путовања.	
1								
2								
3								
.....								
n								

IRR =	
NSV=	
B/C=	
B=	
C=	

Потребно је утврдити све трошкове и користи дефинисане у претходним тачкама унети их у радну табелу, утврдити тзв. cashflow, дисконтовати новчане вредности и приступити анализи параметра економског вредновања. Добијени резултати могу се користити вишеструко, а првенствено за одабир економки најислпативијег стандарда одржавања.

4. COST-EFFECTIVENESS АНАЛИЗА (CEA)

Cost-Effectiveness Анализа (CEA) је облик економске/инжењерске анализе која пореди трошкове (у овом случају зимског одржавања) и исходе или ефекте (у овом случају смањену потрошњу горива или смањен број СН и др.) за један или више стандарда одржавања. Cost-Effectiveness анализа се разликује од Cost-Benefit анализе, је не додељује новчану вредност већ мери ефекат неке мере, одлуке, пројекта, политике или у овом случају ефекте стандарда зимског одржавања.

4.1. Трошкови зимског одржавања

Поступак утврђивања је исти као у тачки 3.1.

4.2. Ефекти зимског одржавања

Ефекти зимског одржавања се утврђују неком од важећих методологија, зависно о области која је у питању, у конкретном случају би то могле бити следеће методологије:

1. Смањење потрошње горива — HDM, TUBA, COBA и др.
2. Смањење времена путовања — аналитички, HCS, Synchro, емпиријски и др.
3. Смањен број саобраћајних незгода — емпиријски или аналитички и др.
4. Смањен број одустајања од путовања — емпиријски.

4.3. Процедура CEA зимског одржавања

Процедура CEA зимског одржавања би се могла илустровати у следећој табели. Наведена табела би се могла користити у функционалном делу одабира оптималне варијанте одржавања као радна табела.

Стандард – ниво зимског одржавања	Трошкови зимског одржавања				Ефекти зимског одржавања				
	трошкови материјала	трошкова радне снаге	трошкови опреме	**Укупни трошкови**	Уштеде тона горива	краће времена путовања	Мањи број СН	Смањен броју нереализован их путовања	Мање тона издувних гасова
Ниво 1									
Ниво 2									
.....									
Ниво n									

Оптимална варијанта са аспекта CEA би била она која даје најбоље ефекте, или она која има најбољи однос трошкови/ефекти, зависно о критеријуму избора.

ЗАКЉУЧЦИ

- Овај рад представља један од ретких начина посматрања зимског одржавања, и то са аспекта економске исплативости и аспекта ефективности зимског одржавања.

- Рад је приказао до сада код нас ретко коришћену CEA, која у области путног инжењерства уопште није коришћена.

- CBA анализа се може користити за одабир економски најислпативијег стандарда одржавања док CEA анализа се може користити за одабир најефективнијег стандарда одржавања. Ови стандарди могу бити исти или различити применом ове две анализе, што увелико може помоћи доносиоцима одлука при одабиру оптималног стандарда одржавања.

- Приказом ове две методологије аутори рада желе упознати стручну путарску и саобраћајну јавност са новим методологијама и њиховим резултатима и на тај начин отворити нове начине размишљања при доношењу одлука о количини средства која је потребно уложити у зимско одржавање, као и у одабиру оптималног стандарда или нивоа зимског одржавања.

- Наведене CBA и CEA анализе дају изразито боље резултате са укључивањем индиректних користи и ефеката, који су често и знатно веће од директних, посебно у случајевима кад долази до прекида саобраћаја узрокованог веома лошим временским условима.

Литература

[1] Donaher, G. (2014). Impact of Winter Road Conditions on Highway Speed and Volume. M. Sc. Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.

[2] Fu. L., Usman, T., Miranda-Moreno, L., Perchanok, M., McClintock, H. (2012). How Much Is the Safety and Mobility Benefit of Winter Road Maintenance? The 2012 Conference of the Transportation Association of Canada Fredericton, New Brunswick.

[3] Kuemmel, D., Hanbali, R. (1992). Accident Analysis of Ice Control Operations – Final report. Marquette University.

[4] Niska, A., Blomqvist, G., Moller, S., Wallman, C.G., Gaunt, H. (2004). The Winter Model: Stage 1. VTI Report N30-2002, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 32.

[5] Qiu, L. (2008). Performance Measurements for Highway Winter Maintenance Operations. Ph. D. Dissertation, University of Iowa.

[6] Qiu, L., Nixon, W. (2009). Performance Measurement for Highway Winter Maintenance Operations. Iowa Highway Research Board Technical Report 474.

[7] Regulatory and Economic Analysis Branch. (2002). Winter Road Maintenance Activities and the Use of Road Salts in Canada: A Compendium of Costs and Benefits Indicators. Environment Canada, Gatineau, Quebec.

[8] Shahdah, U., Fu, L. (2010). Quantifying the Mobility Benefits of Winter Road Maintenance – A Simulation Based Analysis, in Proceedings of the 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D. C.

[9] Shi, X. (2010). Winter Road Maintenance: Best Practices, Emerging Challenges and Research Needs. Journal of Public Works & Infrastructure, 2 (4), 318-326.

[10] Thornes, J.E. (2000). Road Salting – an international benefit/cost review, in Proceedings of the 8th World Salt Symposium, Elsevier, Amsterdam, 787 –792.

[11] Wallman, C., Blomqvist, G., Gustafsson, M., Niska, A., Oberg, G., Berglung, C., Karlsson, B. (2006). The Winter Model: Stage 2. VTI Report 531, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 106.

[12] Ye, Z., Veneziano, D., Shi, X., Fay, L. (2012). Methods for Estimating the Benefits of Winter Maintenance Operations. Western Transportation Institute – Montana State University, NCHRP Project 20-07(300).

[13] Kuzović, L.T. (1994) Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže. Beograd: Saobraćajni fakultet

[14] Kuzović, L., Topolnik D., Glavić, D.,. (2010). Induced Traffic and its Treatment in the Evaluation of Motorway Projects. Promet - Traffic&Transportation, Vol. 22, 2010, No. 6, 459-465.

[15] HDM-4: (2000) The highway development and management series. The University of Birmingham

[16] EC DG REGIONAL POLICY (2002): "Guide to cost-benefit analysis of investment projects", http://www.strukturalni/fondy.cz/upload/1082642530guide02_en.pdf.

[17] HEATCO - Developing harmonized European approaches for transport costing and project assessment. (2006): Deliverable 5 Proposal for Harmonized Guidelines

[18] World Bank (2005) Transport Notes: A Framework for the Economic Evaluation of Transport Projects

[19] "A Set of Guidelines for socio-economic cost-benefit analysis of transport infrastructure project appraisal" New York and Geneva, 2003.

[20] Glavić, D., & MIlenković, M. (2014). Анализа трошкова и користи од зимског одржавања -B/C ratio-. Put i saobraćaj, 60(1), 13-19.

[21] Kuzović, L., Glavić, D., & Laišić, Đ. (2008). Ulaganja u programe održavanja i projekte izgradnje državnih puteva u uslovima ograničenih finansijskih sredstava. Put i saobraćaj, 55(4), 11-15.

[22] Jokanović, I. (2013). Primenljivost ugovora o održavanju puteva prema definisanom nivou usluge u Bosni i Hercegovini. Put i saobraćaj, 59(4), 31-42.

[23] Ćirilović, J. (2010). Analiza potreba za održavanjem na putnoj mreži Srbije primenom programa Ronet 2.0. Put i saobraćaj, 56(3), 54-61.

[24] Škrijelj, I., & Ljajić, N. (2009). Specifičnosti održavanja puteva AD 'Novi Pazar - put' sa posebnim osvrtom na zimsko održavanje. Put i saobraćaj, 56(3), 45-54.

[25] Kuzović, L., Vuksanović, B., & Pešić, D. (2008). Održivi razvoj državnih puteva Srbije. Put i saobraćaj, 55(4), 5-10.

[26] Mujagić, S. (2013). Zimsko održavanje putne mreže u regionu Sjenice. Put i saobraćaj, 59(3), 65-71.

[27] Đuran, J., & Kostić, M. (2000). Održavanje i zaštita lokalnih puteva. Put i saobraćaj, 46(1), 37-42.

УПРАВЉАЊЕ И ФИНАНСИРАЊЕ ПУТЕВА И ЖЕЛЕЗНИЦА У СРБИЈИ

Проф. др Александар Цветановић, дипл. грађ. инж.

Резиме

Стање у путној привреди и железници је изузетно лоше. Проблем је више година пажљиво гајен тако да би морале хитно да се предузму адекватне мере да би се избегао распад саобраћајне инфраструктуре без које нема ни напретка Србије. У овом чланку је дат приказ управљања и одржавања путева и пруга у свету и код нас, са жељом да се укаже на апсурде наше локалне праксе. У закључцима су набројане мере које би требало предузети да би се актуелно стање поправило и кренуло путем где сав остали свет иде.

***Кључне речи**: путеви, железнице, управљање и финансирање*

Road and Railway Management and Financing in Serbia

Abstract

Present situation in Serbian road and railway sector is extremely serious. Problems were accumulating during recent years and they impose urgent actions and measures in order to avoid the collapse of road ana railway infrastructure, without which there is no possibility for growth and prosperity in Serbia. The topic of this paper is an analysis of road ana railway management and maintenance in the world and in Serbia with the aim to point out the absurd solutions in our actual practice. Necessary measures for the improvement of the actual practice are presented in conclusions.

***Key words**: roads, railways, management and financing*

1. Увод

Са бруто националним дохотком од 6081 долара (1$=87 дин.) у 2012. год. по глави становника, који је најнижи у Европи и испод оног који смо имали 1990. год. 2560 $ (1$=12 дин.) јер је вредност динара 7,25 пута била већа од вредности 2012. год. Сада је стопа незапослености око 27 % (1990. год. је била 19.5%). Бруто друштвени производ (БДП) Србије је за око 30% мањи него пре двадесет и три године (највећа и „најуспешнија“ хиперинфлација у светској историји), Србија није у стању да одржава постојеће инфраструктурне системе.

По подацима Народне банке Србије (НБС) 30. априла 2013. у Србији је било у блокади 41.357 привредних субјеката са укупно неизмерених обавеза без камата од 142,7 милијарди динара.

Бивши шеф Светске банке за глобалну стечајну инцијативу Гордон Џонсон је рекао је да су економски проблеми у Србији већи од званично доступних података. Истакао је да проблематични кредити предузећа гуше целу привреду.

Ако се има у виду да путна и железничка инфраструктура за себе везују око 40 привредних делатности, проблем је далеко озбиљнији.

Политички волунтеризам је одлучивао и о конкретним и о стратешким економским политикама и мерама и довео до ситације да се струка не пита ни за шта. Из ове ситуације је могуће изаћи једино ако знање превлада импровизацију и незнање.

Стање у путној и железничкој инфраструктури је изузетно лоше. Проблем је више година пажљиво гајен тако да би морале хитно да се предузму адекватне мере да би се избегао распад саобраћајне инфраструктуре без које нема ни напретка Србије. Мере које треба предузети морају бити радикалне и ван политичког дневног маркетинга у циљу очувања основе саобраћајног система. Приликом дефинисања критеријума шта сачувати, а шта одложити за боља времена искључиво треба користити техничке и економске критеријуме. Свуда у свету накнаде од продаје горива и наплата путарине се искључиво користе за одржавање путева. Због актуелне економске ситуација приход од наплате путарине одлази у буџет. Та политика би имала смисла да је проистекла као последица

реализације привредног опоравка, анализе трошкова и добити, и студије оправданости, а не одокативне оцене владе.

Мрежа путева у Србији износи 16.800 km (путева **I** реда и **II** реда), и приближно 634 km аутопутева и полуаутопутева, заједно са преко 38.800 километара локалних путева. Примарна путна мрежа, такође, обухвата 2.638 мостова (са укупном површином од приближно 800.000 m^2) и 78 тунела (укупне дужине од 10.053 m). Коловоз на око 75 % путева је у лошем стању. Дозвољене брзине на путевима (изузев аутопутевима) због дивље градње и лошег коловоза у просеку су до 50 km/h. На аутопутевима у присуству воде, због колотрага и оштећених коловоза, брзине су такође ограничене на испод 100 km/h.

Мрежа пруга у Србији износи 3.809 km од чега 1.768 km представљају магистралне пруге, а електрифицирано је 1.387 km (32.7%). Само 7% пруга (276 km) има два колосека. Око 25% (875 km) магистралних пруга железничке мреже у Републици Србији налази се на Коридору X и његовим крацима Xb и Xc. Само око 45% пруга у Републици Србији има дозвољено осовинско оптерећење од 22,5 t док је на 30% пруга то оптерећење испод 16 t.

Дозвољена брзина прелази 100 km/h на свега 3,2% пруга, а највећи део (око 50%) мреже дозвољава максималну брзину до 60 km/h. Са изузетком појединих секција пруга Београд-Шид и Велика Плана-Ниш, које су двоколосечне, електрифициране и на неким деоницама дозвољавају веће брзине, све остале пруге имају застареле техничке и технолошке параметре. На коридору X разлика између пројектоване (просечно пројектована је била 94.5 km/h) и стварне максимално дозвољене брзине је између 15% и 45%. Чак и на неким секцијама ових пруга има деоница у врло лошем стању тако да се брзина често привремено ограничава на 20 km/h или ниже. На 16% (536.6 km) пруга у експлоатацији су уведене лагане вожње. ЈП „Железнице Србије" располажу са око 415 вучних возила (расположиво 188), 8.983 теретних (расположиво 4300) и 539 путничких вагона (расположиво 156). Железничка возна средства су релативно стара и непоуздана. Просечна старост железничких возних средстава прелази 30 година, а стопа расположивости у зависности од типа варира између 26% и 61%. 12.6 милиона тона робе и 7.5 милиона путника је превезено у 2010. год. (1990. год. је било превезено 47.1 милиона путника). Број запослених радника је 18.280.

1.1 Надлежности

Надлежни за путеве и железнице у Србији**:**

- **Држава је власник свих путева и пруга у Србији, али не постоје ажурне базе података о њиховом стању, вредности (процењена вредност 16 820 km путева првог и другог реда је око 4 милијарде евра), нити су уређени геодетски подаци о њиховом положају, а још мање о власништву и границама путног и железничког земљишта (правни статус)**

- **Администратор:** Представник власника, односно надлежног органа за путеве и железнице, чија је обавеза спровођење политике и прописа у дело, као и гарантовање да ће учинак путног и железничког система задовољити обавезе наметнуте политикама и законске захтеве дефинисане од стране власника, односно надлежног органа за путеве је Министарство саобраћаја и Дирекција за железнице

- **Управљач – Јавно предузеће „Путеви Србије" - ЈППС** управља путевима првог и другог реда, а општине су директно надлежне за управљање својим локалним путевима или имају посебне службе за управљање путевима, које то раде у њихово име. Железнице Србије су јавно предузеће коме је поверено да управља железничком инфраструктуром (пруге, станице и слично)

2. Управљачи изградње и одржавања путева и пруга

Основни проблеми код путева:

- **сукоб надлежности.** Од ЈППС се заправо захтева да послује у оквиру надлежности пет различитих Министарстава и Коридора Србије д.о.о., чиме се повећавају трошкови трансакција и смањује ефективност

- **систематичности у планирању.** Уобичајена је пракса да се Годишњи план пословања ЈППС од стране Владе усваја у јуну текуће године. Карактеристично за све планове за одржавање путева (укључујући и локалне) је да се раде без икакве стручне аргументације, а још мање да се врши било каква анализа трошкова и добити

- **управљањем експлоатацијом путева код нас се институционално нико не бави**. Министарство унутрашњих послова и саобраћајна полиција првенствено контролишу поштовање Закона о безбедности саобраћаја на путевима, са нескривеним амбицијама да и уређују ову проблематику. Контролу осовинског оптерећења спроводе Саобраћајна полиција и инспектори Министарства саобраћаја и то крајње несистематично. Нема камиона у Србији на коме нису надограђене странице коша – сандука

Највећи трошак ће бити најављени одштетни захтеви извођача на Коридору Х, који се процењују на око 100 % од вредности уговорених радова и изгубљене добити због неоправдано дугог рока изградње.

Основни проблеми код железнице:

- управљање одржавањем железничких пруга не постоји. Реагује се само последично тј. када настане проблем који директно угрожава безбедност

- недовољно улагање у основно одржавање на железници последица је општег привредног заостатка у претходном периоду, лоше организације, недостатка средстава, социјалне и кадровске политике. Садашње стање железничке инфраструктуре карактерише потреба да се у пројектовано стање врати и модернизује још око 1.000 km магистралних пруга, тј. око 57% главне мреже пруга, односно 26% комплетне железничке мреже. За рехабилитацију и одржавање железничке мреже у наредних десет година према проценама биће потребно око 3,9 милијарди евра

- управљање јавном железничком инфраструктуром, јавни превоз путника и робе и одржавање железничких возних средстава су претежне делатности ЈП „Железнице Србије". Ово јавно предузеће је крајем 2000. године запошљавало близу 33.000 људи, а до краја децембра 2013. године број запослених је смањен за више од 37%, на око 18280

- ЈП „Железнице Србије" суочене су са лошим стањем железничке инфраструктуре и недостатком савременог возног парка. Рехабилитација и побољшање потребни су на целој дужини Коридора Х, који је окосница железничког система (25% мреже и преко 50% транспортних активности)

У наредном периоду у оквиру управљања хитно би требало у путевима и железницама:

1. **Смањити трошкове одржавања. То се једино рационално може урадити ако се радикално смањи дужина путева и пруга које се одржавају из буџета. Има пуно путних и железничих праваца који одавно имају занемарљив саобраћајни и никакав економски значај. Напротив представљају само трошак**
2. **Успоставити квалификовану администрацију**
3. Успоставити јединствену администрацију за управљање одржавањем свих путева (укључујући и локалне) и посебно пруга
4. Успоставити и иновирати базе података о стању путева и пруга

5. Дефинисати краткорочне и дугорочне планове одржавања путева и пруга (и превозних средстава)
6. Обезбедити одрживе изворе финансирања – буџет
7. Дефинисати краткорочне и дугорочне стратегије одржавања путева пруга
8. Обезбедити стандарде за пројектовање и стандарде за одржавање
9. Успоставити системе за управљање одржавањем путева и пруга
10. Успоставити системе за управљање експлоатацијом свих садржаја пута и пруга

Управљање пројектовањем, изградњом, одржавање и експлоатацијом путева у Србије поред неодрживог начина финансирања је и ораганизационо неодрживо. **Превелико уплитање политике и политичара у струку, даје погубне резултате, што се најдрастичније види на катастрофалним резултатима изградње аутопутева на коридору X и тзв. XI:**

- укупна дужина коридора X кроз Србију је 835 km. До 2008. Било је изграђено 387 km аутопута у пуном профилу и 115 km полупрофилу
- почетак – наставак радова на коридору X 2008. Планирани завршетак 2015.
- почетак радова на коридору XI 2010. Планирани завршетак за деоницу од Уба до Лајковца је био 2011. Планирани завршетак 2016.
- за време министра Велимира Илића од 2004. до 2008. саграђено је 36,5 km аутопутева у пуном профилу и 52,2 km у полупрофилу
- за време министра Милутина Мркоњића од 2008. до 2013. је саграђено 53,25 km аутопутева у пуном профилу и 114,7 km полупрофилу
- **данас се остварење динамике радова на свим деоницама коридора X креће до 22 % од планираних радова (не укупних)**
- **за коридор X повучено је свега 12 % новца, односно 125.4 милиона евра од око расположивих 1 милијарде евра**
- за неповлачење средстава до сада су плаћени пенали Европској банци 2.5 милона динара и Азербејџану 1.5 милиона евра

3. Финансирање

3.1 Увод

За одржавање путева свуда у свету одвајају се огромна средства. Управљање одржавањем путева постало је изузетно осетљиво и комплексно, јер треба истовремено да се води рачуна о политици, техници, природној средини, расположивим средствима и историјском наслеђу.

Заједнички проблем за све земље је да су потребе веће од финансијских могућности (за око 30%) и да се због хронично недостајућих средстава изузетно улаже у научноистраживачки рад из ове области, са основим циљем да се пронађу могуће уштеде и унапређења.

Мрежа путева у многим земљама, а посебно у развијеним, представља највећу јавну инвестициону вредност и окосницу развоја националне економије. Улагање у њу требало би да буде компромис између супротстављених трошкова и добити. Инвестициона вредност путева креће се од 0.1 милиона евра по километру за локалне путеве, до 2 (24 ако има пуно објеката) милиона евра за аутопутеве, што значи да је вредност мреже путева у односу на укупни годишњи национални доходак-ГНД већа до три пута. Трошкови транспорта крећу се од 2 до 17 процената од ГНД, тј. код развијених земаља су мањи (2 процента), а код земаља у развоју већи (17 процената па и више).

Трошкови одржавања, које финансира друштвена заједница, износе око једне четвртине од укупних трошкова транспорта.

Развој путева је комплексан, вишекритеријумски и веома одговоран задатак за сваку земљу. Основне одлуке које треба донети зависе од одговора на питања: како одредити приоритете у програмима побољшања инфраструктуре путева, шта на путу побољшати, када извести побољшање, шта урадити – редовно одржавање, рехабилитацију или реконструкцију, који је однос економских добити од одржавања и од улагања у нове путеве или побољшање трасе, фазна изградња – због одложеног улагања и блокирања средстава, која је доња граница улагања у одржавање после које пут губи функцију, у које сврхе користити средства из буџета за путеве и које су непосредне активности на одржавању путева.

3.2 Финансирање одржавања и изградње путева у свету

Расподела средстава за одржавање путева у свим земљама ЕУ зависи од политичких и друштвених фактора, природне средине, економских параметара и функционалног или административног ранга пута.

Одговорност за расподелу средстава за одржавање и обнову путева зависи од политике коју воде центри одлучивања на нивоу државе, региона, области и општина.

Важно питање код расподеле средстава за путеве (инвестирање, одржавање и обнова) је порекло тих средстава и основни интерес тих који учествују у њиховом формирању. Следеће питање које задире у интересе је како најбоље расподелити средства по различитим категоријама путева или разним врстама активности.

Поређењем укупних утрошених средстава за путеве по километру, уочавају се знатне разлике. Тако се у Швајцарској годишње троши око 56 000 €, Шпанији 7 000 €, а у већини земаља од 15 000 до 45 000 € по km. државног пута.

Утрошак средстава по активностима, такође је веома различит. Тако, на пример у 1991, у Португалији је 80% од укупних средстава утрошено на нову градњу, у Америци (1990.) мање од 20%, а у Канади (Онтарио) мање од 10%. У осталим земљама је за нову изградњу од укупног буџета за путеве утрошено од 25 до 65 процената.

Треба истаћи да је у најнеразвијенијим земљама на свету до 35 % мреже путева у лошем стању, а код нас око 75 % државних путева је у лошем стању. Када су путеви у лошем стању, не помаже редовно одржавање, већ рехабилитације и реконструкције, које коштају од 70 000 до 150 000 (250 000) €/km, за пут са две саобраћајне траке.

У односу на начин организовања администрације за путеве и њених компетенција, општа запажања су да:

- у већини земаља постоји слична организациона шема администрације, али не и расподеле одговорности по министарствима (посебно у одговорности администрације за путеве). Кључ расподеле средстава је у рукама изборног особља
- организационо, административна шема за расподелу средстава, је одраз политике владе скоро у свакој земљи
- нарасли проблеми у области саобраћаја налажу проналажење потпуно нове организационе шеме администрације за путеве

У већини земаља на свету, средства за путеве се издвајају из општег буџета земље, а не наменског (као нпр. у Швајцарској и пар држава у Америци). **Средства од путарине и накнада за путеве у потпуности или делимично (не за одржавање али у вези са путевима, као нпр. заштита од загађења, побољшање јавног превоза итд.) се усмеравају у буџет за путеве.** Код свих ауторитета у администрацијама за путеве влада велики интерес и жеља да се за путеве наменски издвајају средства од горива, такса за коришћење и путарина. Ово је сасвим разумљиво, јер **за редовно одржавање једног километра државног пута годишње треба обезбедити од 15 000 (7000) до 45 000 (125 000) евра**.

Најчешће накнаде за путеве су: накнаде из горива, годишње регистрације возила, разне таксе (нпр. за страна возила) и накнаде од тешких возила (осовинско оптерећење/пређено растојање). Међутим, коришћење овако формираног фонда за путеве поред низа предности има и недостатке (много осетљивије планирање, тешко установљење расположивих средстава, олакшана политичка контрола управљања путевима, свака три месеца провера и уравнотежење фонда, итд.).

При саобраћају од 5000 воз/дан и "оптималном" одржавању, трошкови корисника у односу на укупне трошкове су највећи (трошкови организације за одржавње износе свега 10 процената од укупних трошкова). Економске добити од доброг одржавања и обнове путева, често се крећу од 30 до 60 процената. При саобраћају од 2 500 воз/дан на лоше одржаваном путу у односу на добро одржаван пут, годишњи трошкови корисника су већи за 25 000 €/km.

Најбољи резултати у прикупљању и расподели средстава за путеве се постижу ако се обједињено разматрају трошкови корисника и организације за одржавање (са циљем да оба буду минимална). Треба јасно разграничити планирање на нивоу мреже путева од планирања на нивоу пројеката.

3.3 Финансирање одржавања и изградње државних путева у Србији

Основни извор финансирања државних путева, свуда у свету, је накнада тј. проценат од малопродајне цене течних горива (бензина и нафте) и путарина. У Европи се накнада за путеве из малопродајне цене горива најчешће креће од 35 до 65 **%. Код нас је 2012. год. износила око 8 % од малопродајне цене горива (око 150 милиона € годишње), а сада је 0.**

Од наплате путарине Јавно предузеће путеви Србије приходује око 135 милиона € годишње. Пре две године (2012.) за одржавање државних путева је потрошено око 140 милиона €, а 2013. је планирано упола мање. Узгред, за одржавање државних путева треба издвојити 224 милиона €/год. У свим земљама на свету приход од наплате путарине на аутопутевима (у принципу само на аутопутевима се наплаћује путарина) се искључиво користи за одржавање аутопутева. Код нас није овај случај!

Ако се узме у обзир да око 75 % путева у Србије треба обновити, евидентно је да са оваквом политиком финансирања то није могуће и да наш путни систем вредан око 4 милијарди евра (16 800 km), рапидно губи вредност и иде ка распаду.

Више деценија уназад патриотизам локалних политичара се исказивао у пребацивању локалне бриге (путева) на републичку касу. Реално би дужина државних путева чије се одржавање финансира преко ЈППС могла да смањи за око 30 % (по уредби о прекатегоризацији то је и учињено 2012. и мрежа путева првог и другог реда износи око 10 000 km). Међутим, показало се да локална управа организационо није у стању да одржава добијених 5 000 km (за које су добили средства из буџета), па је направљен договор да у току зиме 2013/2014. ЈППС преузме одржавање привремено враћених 5000 km путева.

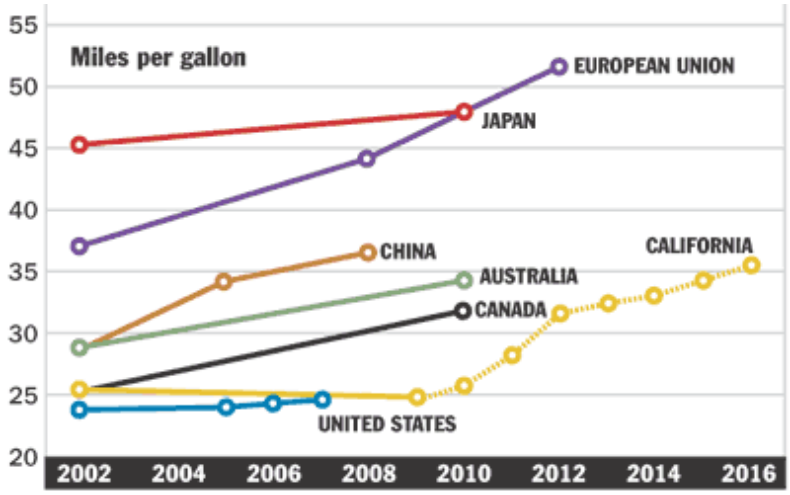
У Европској унији важи принцип да корисници путева плаћају више него што инфраструктура ствара трошкове. Данас у ЕУ таксе и накнаде за 100 милиона кола, износе око 360 милијарди евра, тј. 15 % од прихода на порезе. Уобичајено у ЕУ је да теретна возила не покривају реалне трошкове експлоатације пута у односу на путничка (од 39 до 76 %). Али зато путничка возила покривају ралне трошкове експлоатације пута са 170 % (220 %).

У Немачкој су таксе на дизел 0.4704 €/лит. - 0.65454 €/лит, Холандији 0.684 €/лит, у Данској највише на свету 68.84 % од укупне цене бензина и Норвешкој 63 %.

У Европи 40 % возила користи дизел, док у САД свега 4 %.

Због екологије и Кјото протокола у Европи је у периоду од 1995. до 2003. смањена емисија CO_2 за 12 %, а до 2001. за додатних 14 %.

У принципу спроводи се политика смањења величине кола и потрошње горива:



Када је реч о енергетској ефикасности - Србија је тренутно на самом зачељу листе европских земаља. Овдашњи возни парк (путничких возила), примера ради, у просеку троши преко 10 литара горива на 100 километара - делом због старости аутомобила, али и (не)квалитета горива и саобраћајница. Просечна европска потрошња нових аутомобила је шест литара на 100 km.

Пондер за гориво у Србији, наиме, износи девет одсто. То значи да корекција цена деривата нафте од 10 одсто изазива 0,9 одсто од укупне инфлације.

Пред наступајућом нафтном кризом, имајући у виду да се очекује да од 2010. настаје следећих 20 година велики пад у производњи нафте, наша држава нема став - план, а самим тим ни стратегију шта нам ваља чинити.

"Економски ауторитети – експерти" у Србији укинили су приход ЈППС од акцизе на гориво, што се погубно одразило на путну привреду и за огромну насталу штету нико није одговарао. Практично у Србији сва извођачка и пројектантска предузећа, њих око 35 су у "були".

Да би се сагледала актуелна ситуација и финансирање ЈППС ево неких чињеница:

1. Потребна средства за редовно одржавање путева износе 224.3 милиона евра/год.
2. У 2012. за одржавање путева потрошено је око 140 милиона евра
3. У 2013. планира се 90 милиона евра за одржавање путева
3. Расходи ЈППС у 2013. (експропријација 3 милијарде дин., пројектовање 323 милиона дин., изградња 3.9 милијарде дин., обавезе по кредитима 2 милијарде дин. и тренутно стање дуга 3 милијарде дин.), износе укупно 100 милиона евра
6. Очекивани приход ЈППС у 2013. је око 150 милиона евра
7. Очекивани приходи из буџета 49 милона евра
8. Укупно очекивани приход у 2013. је 200 000 милиона евра
9. Недостајућа средства 324 000 000–200 000 000=124 000 000 милиона евра
10. Субвенције за путеве у 2014. се повећавају са 6,2 милијарди динара на 7,7.

3.4 Поступак обезбеђења финансијских средстава за локалне путеве

У уређеним земљама процедура за обезбеђење финансијских средстава је:

- успостављање система за управљање изградњом и одржавањем локалних путева
- локална заједница кандидује пројекте и даје њихову процену вредности
- на нивоу републике (државе) врши се провера вредности пројеката

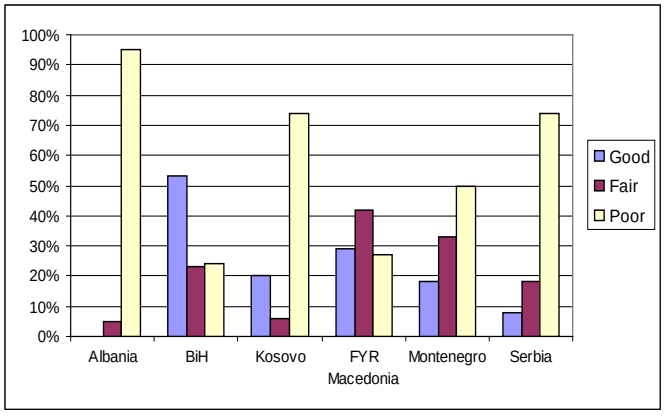
- за рачун министарства за саобраћај врши се избор пројеката, сагледавајући оптималност улагања са гледишта целокупне мреже путева, у складу са системом за управљање изградњом и одржавањем путева
- израда обједињеног предлога и његово упућивање министарству финансије, које прави пројекцију буџета
- усвајање буџета републике и у оквиру њега буџета за локалну инфраструктуру
- усклађивање буџета за локалну инфраструктуру са буџетом републике и корекција одобрених пројеката
- списак одобрених појеката
- успостављање система за праћење реализације одобрених пројеката
- годишњи извештај о реализацији усвојених пројеката

3.5 Одржавање локалне путне мреже

Одржавање локалне путне мреже се недовољно финансира. Децентрализација одговорности за управљање локалним и општинским путевима, која је пребачена на локалне самоуправе погоршала је проблеме неадекватног одржавања. Локални извори прихода као што су таксе за регистрацију возила су недовољни, а менаџерски капацитет је слаб. Само око једанаест процената потребног износа тренутно се троши на локалну путну мрежу, што осликава обим тренутне надлежности, која је створена након децентрализације, а која је без финансирања, тако да можда и није изненађење што су локални путеви у горем стању. У недавном истраживању вршеном у регионима откривено је да су терцијални путеви у Србији трећи најгори по стању у региону. Испоставило се да је седамдесет четири процената путева из узорка у лошем или веома лошем стању. У табели 2.1 приказани су резултати регионалног истраживања о стању наведених ванградских (секундарних и терцијалних) путних мрежа, а те исте информације илустроване су и на слици 2..1.

Табела 2.1 Резиме стања секундарне/терцијарне путне мреже (збирно)

Земља	% добро	% задовољавајуће	% лоше
Албанија	0	5	95
БиХ	53	23	24
Косово	20	6	74
Македонија	29	42	27
Црна Гора	18	33	50
Србија	8	18	74



Слика 2..1 – Стање секундарне/терцијарне путне мреже (збирно)
Извор: Резултати истраживања консултаната (Светска банка 2008.)

За обављање активности на преосталом одржавању на магистралној и регионалној путној мрежи из ранијег периода, током предвиђеног петогодишњег периода, требало би годишње 394 милиона УСД за почетак тих активности. На локалној путној мрежи је потребно 210 милиона УСД за те активности

на процењеном преосталом одржавању, како је представљено у Табели 2..2. Сходно томе, укупне потребе одржавања (редовно, зимско, периодично и преостало), за целокупну путну мрежу, процењене су на 994 милиона УСД годишње током наредних пет година.

Главни путеви и регионални путеви са великим обимом саобраћаја треба да буду реконструисани када су у лошем стању, а рехабилитовани (пресвлачење или стругање и замена) када су у задовољавајућем стању. На регионалним путевима са малим обимом саобраћаја, као и на регионалним путевима без асфалтног застора, рехабилитацију треба изводити само када су у лошем стању. За локалне путеве важи правило да рехабилитацију треба изводити само када су у лошем стању. Сви јединични трошкови су базирани на стварним емпиријским подацима из Србије.

Табела 2..2 Процењене годишње потребе за издацима на путној мрежи 2009.-2013. (у милионима УСД)

.

ПОТРЕБНИ ИЗДАЦИ ЈППС	2009.	2010.	2011.	2012.	2013
Активности на преосталом одржавању					
Магистрални и регионални путеви	394	394	394	394	394
Нормално одржавање					
Магистрални и регионални путеви					
Редовно/зимско одржавање	139	139	139	139	139
Планирано пер. одржавање	166	166	166	166	166
Мостови и тунели	31	31	31	31	31
Развојни издаци					
Унапређење и нова изградња	560	560	560	560	560
УКУПНЕ ПОТРЕБЕ ЈППС	**1290**	**1290**	**1290**	**1290**	**1290**
ПОТРЕБНИ ИЗДАЦИ ЗА ЛОКАЛНЕ ПУТЕВЕ					
Активн. на преосталом одржавању	211	211	211	211	211
Редовно/зимско одржавање	25	25	25	25	25
Периодично одржавање	28	28	28	28	28
УКУПНЕ ПОТР. ЛОКАЛ. ПУТЕВА	**265**	**265**	**265**	**265**	**265**
УКУПНЕ ПОТР. ПУТНЕ ИНФРА.	**1554**	**1554**	**1554**	**1554**	**1554**

Извор: Процене особља Светске банке

3.6 Финансирање одржавања и изградње железничких пруга у Србији

3.6.1 Транспортно тржиште

Увоз и извоз роба је током деведесетих година био знатно смањен, а услед увођења политичких и економских санкција СР Југославији традиционални транзит кроз Републику Србију је био готово прекинут. Последица изолације Републике Србије је драстичан пад транспорта, нарочито железничког, који чак и на крају 2005. године не прелази четвртину од транспорта са краја осамдесетих година. Због ниске економске активности, малог раста индустријске производње у периоду од 2000. до 2005. године и недовољно развијеног унутрашњег транспортног тржишта, интензитет коришћења расположивих транспортних капацитета је веома низак.

Тражња за транспортном услугом у Републици Србији крајем 2005. године знатно је мања него почетком деведесетих година. Она полако расте и крајем 2005. године се налази на нивоу између 30% и 40% од тражње која је постојала у периоду 1989-1990. године.

Између појединих видова саобраћаја постоји значајна разлика у тражњи.

Према подацима објављеним у Статистичком годишњаку Србије за 2006. годину, учешће железничког транспорта у укупном превозу путника (реализовани путник-km) у 2005. години било је 6,3%, учешће друмског транспорта било је 42,2%, јавног градског и приградског превоза путника 40,8% и ваздушног транспорта 10,7%. Према истом извору, транспортни рад у превозу робе у земљи (у оствареним tkm) је у 2005. години износио укупно 6.832 милиона тона-km, са учешћем железничког транспорта од 50,96%, УВТ 23,74% и друмског транспорта од само 9,95%. Поменути подаци не одражавају реално стање по питању видовне расподеле на транспортном тржишту јер према примењеној методологији, још из осамдесетих година, нису обухваћени привредни субјекти у приватној својини у друмском транспорту, који чине његов највећи део.

Према процени Републичког завода за статистику учешће железничког транпорта у укупном превозу путника (реализовани путник-km) у 2006. години било је 9,2%, учешће друмског транспорта било је 73,8% и ваздушног транспорта 17%. Транспортни рад остварен средствима јавног градског и приградског превоза путника у истој години је износио 5.456,6 путник-km. У укупном транспорту робе у 2006. години друмски транспорт је учествовао са 80%, железнички са 11%, а УВТ са 4.5 %, док је у укупно оствареном транспортном раду од 13.528 милиона тона-km, учешће друмског било 48.3%, железничког 31% и УВТ 13% (метода процене објављена у Статистичком билтену 2299, Саобраћај и везе, издање Савезног завода за статистику и у публикацији „Студија, анализе, прикази" бр. 138, Београд 1999, Савезни завод за статистику).

Очекиване промене економског раста представљају основу за прогнозу тражње у транспорту. Током периода од 2000. до 2005. године, према званичним статистичким подацима, раст БДП варирао је између 1,5% (у 2003. години) и 7,1% (у 2004. години), са просеком од близу 5%. Раст у 2005. години у односу на 2004. годину износио је 6,5%. Овај раст обухватио је и значајне приходе од приватизације. Раст БДП у 2006. години у односу на 2005. годину је био 5,8%. У поређењу са истим периодом претходне године, БДП у првој половини 2007. године је порастао за 8%. Посматрано по активностима и расту БДП највећи допринос је дала област транспорта.

Очекивања повећања тражње у транспорту укључују бржи развој индустрије (челик, цемент итд.), појачане трговинске и транзитне токове, отклањање препрека и омогућавање слободне пловидбе, побољшање капацитета пратеће инфраструктуре дуж Паневропских Коридора VII и X. На основу искустава нових држава чланица ЕУ може се очекивати брз економски развој током периода непосредно пре и после придруживања ЕУ. Вероватно је да раст БДП од 5% годишње (или више) неће моћи да се одржи на дужи период, већ ће се на крају приближити стопи економског раста у ЕУ.

С друге стране, економски раст може да буде смањен негативним догађањима, као што су политичке препреке на путу придруживања ЕУ, мањи пораст производње и тиме условљен нижи раст БДП, проблеми са враћањем дугова, одржање негативног природног прираштаја становништва, одлагање спровођења реструктурирања великих јавних предузећа у области транспорта, виша цена горива, незапосленост итд.

У контексту будуће тражње треба имати у виду:

1) Транспортне активности и инвестиције у транспортни систем у Републици Србији ће пратити пораст БДП са одређеним одступањима
2) Расподела по видовима саобраћаја зависиће од великог броја фактора, пре свега од привредног развоја земље, домаће и регионалне транспортне политике, капацитета и понуђених услуга
3) Прогнозе за један вид саобраћаја морају узети у обзир капацитет и услуге које ће нудити и други видови који се надмећу за обављање истог транспортног рада
4) Без обзира на резултате прогнозе, имајући у виду међународне трендове, раст контејнерског транспорта биће у порасту

5) Претпоставка је да се у Републици Србији у дугорочном периоду не може са сигурношћу утврдити прогноза транспорта, чак и уз коришћење најбољих метода
6) За процену вероватноће да ли ће неки пројекат вратити уложену инвестицију биће потребно користити методе за анализу ризика
7) Садашња модална расподела, за коју се процењује да износи око 80-85% за друмски, 10-15% за железнички и око 7% за УВТ, вероватно ће опстати још извесно време, сасвим сигурно у наредном средњорочном периоду
8) Постојећи капацитети транспортних мрежа у Републици Србији, уз потребну модернизацију и локална побољшања, биће довољни у наредном десетогодишњем периоду (према REBIS и WB до 2015. године)

Од 2001. до 2010. год. у просеку је улагано у одржавање пруга 16,9 мил./€, односно свега 7.1 % од потребних средстава.

Потребна финансијска средства да би се наше пруге осавременила тј. пројектована брзина подигла на 160 (220) km/h је око 4.6 милијарди евра.

Тако субвенције за железницу у 2014., тачније за можда највећег губиташа српске економије „Железнице Србије", остају практично на истом нивоу нешто већем од 13,23 милијарди динара (у 2013. су биле 13.363 милиона динара). У 2014. год. очекивани сопствени приходи су 12,084 милиона динара (у 2013. су процењени да ће бити 11.201 милиона динара).

4. Закључак

Да би се постојеће стање са стручне тачке побољшало, требало би „одмах" и у наредне две године урадити:

1. План привредног развоја Србије
2. Стратегију привредног развоја Србије
3. План рационализације трошкова одржавања путне и железничке инфраструктуре
4. Стратегију спровођења Плана рационализације трошкова одржавања путне и железничке инфраструктуре
5. Успоставити одрживи начин финансирања одржавања путне мреже – политичка одлука – који проценат од малопродајне цене горива треба да иде на одржавање путева (сада иде 0%, што нигде у свету не постоји)
6. Повећати приходе из накнада од корисника путева (акцизе на гориво или директно из малопродајне цене горива), јер је постојећи систем финансирања одржавања путева у Србији неодржив
7. Донети средњерочни и дугорочни план одржавања и изградње путева и пруга
8. Формирати јединствену листу приоритета за улагање у рехабилитације, реконструкције и изградњу путева и пруга
9. Дефинисати стратегију одржавања и изградње путева и пруга
10. Урадити систем за управљање одржавањем путева и пруга
11. Урадити систем за управљање и праћење свих радова на путевима и пругама
12. Проширити модел уговарања радова редовног одржавања путева према нивоу услуге за територију Републике Србије
13. Дефинисати имовину и њену вредност Ј.П. Путеви Србије у оквиру појаса пута (где су дефинисани сви садржаји пута) и Железница Србије
14. Урадити сустем за управљање - газдовање имовином Ј.П. Путеви Србије и Железница Србије
15. Редовно ажурирати базе података
16. Увести систем квалитета у свим секторима путева и железница
17. Унапредити систем наплате путарине и карата у возовима
18. Обезбедити материјалне услове за кадровско јачање

19. Успоставити Радну групу за реформе, која би надгледала процес реформи и помагала у раду. Група би извештавала Генералног директора ЈППС, Железница Србије и Министра, најмање једанпут у три месеца
20. Обавезе ЈППС-а и Железница Србије према међународним инвестиционим кредититма треба да буду разјашњене. Препорука је да се за било који будући зајам јасно разјасни начин отплате (уколико је могуће уз посебан уговор о рекредитирању). Све обавезе отплате садашњих инвестиционих ИФИ зајмова би требало да буду пренете на државу
21. Министарство и ЈППС би требало да постигну договор о дугорочној стратегији, укључујући и Уговор о нивоу услуге (*Service Level Agreement – SLA*) који ће се потписати између Министарства и ЈППС и којим ће се дефинисати оквир за петогодишње циљеве кроз успостављање и обезбеђење конструкције финансијрања ЈППС
22. Финансирање ЈППС (посебно кроз акцизу на гориво) требало би да одговара обавезама да се мрежа путева I и II реда одржи у добром стању. Требало би постићи општи договор о дефинисању механизма за усклађивање цена путарина према променама у трошковима изградње и одржавања путева
23. Улога различитих организационих тела у спровођењу инвестиционих пројеката требало би да буде поново оцењена и унапређена. Постојећа пракса специфичног метода спровођења није ефикасна и ствара непотребне конфликте. Посебно ближе повезати „Коридоре“ и ЈППС. „Коридори“ би требало да буду реализатори специфичних пројеката, а ЈППС реализатор и координатор инвестиција за путеве I и II реда
24. ЈППС и Железнице Србије би требало да оформе Интерне радне групе, које би надгледале промене:
    - планирање стратегија и процедура набавки и организовање конкурентних поступака конкурисања за радове редовног одржавања, у етапама у току 2014. и 2019. Организовање поступка конкурисања за све радове периодичног одржавања
    - уклањање постојећих недостатака и непрецизности, консолидација и увођење у примену компоненти система за управљање путевима, пругама и објектима (HIMS, систем управљања коловозима, систем управљања пругама, систем управљања објектима, GIS, провера стања коловоза,провера стања пруга, провера стања објеката)
    - спровођење новог снимања стања на путевима, мостовима и тунелима и ажурирање базе података из 2008. Распоредити и организовати будућа снимања
    - планирање израде нових годишњих и средњерочних програма одржавања на основу прикупљених података и јасно дефинисаних циљева постигнутих нивоа услуге. Ови планови и њихови ефекти на стање пута и пруга требало би јасно да укажу и тиме оправдају неопходност захтеваних интервенција и финансија предвиђених за те интервенције. Систем успостављања приоритета треба да је јасан, а све инвестиције треба да буду образложене кроз анализу трошкова и добити (*cost benefit analysis*)
    - унапређење садашњег процеса израде Годишњег плана кроз припрему нацрта буџета за следећу годину у току јуна текуће године и достава нацрта Министарству за саобраћај на одобрење. Овај нацрт буџета би влада обрадила у оквиру планирања буџета, а тиме би се омогућило раније одобрење годишњег плана. Овај буџет би требало да садржи образложења, везу са успешношћу реализације у текућој години и предвиђања у погледу успешности реализације у односу на петогодишњи план. Пракса је да се у јулу текуће године за исту усвајају планови радова.
    - увести и ставити у трајну употребу систем за управљање квалитетом, који би требало да буде верификован од стране компетентне спољне агенције. Побољшати поступак описа, посебно за одржавање. Наставити и комплетирати поступак хармонизације стандарда и успоставити ревидоване стандарде за одржавање. Успоставити интерни систем контроле документације, уклучујући и интранет за размену информација, диситрубуцију упутстава, шаблона итд. Постепено увести савремен софтвер за управљање и системе за извештавање и праћење успешности реализације
    - примену планираног центра за контролу саобраћаја и централизацију контроле рада и IT подршке

- унапређење контроле система наплате путарине и карата у возовима одвајањем наплате од надзора у два сектора. Увести годишњу независну техничку и финансијску ревизију рада сектора
- планирање и примена ефикаснијег система електронске наплате путарине (ETC) и карата у возовима, било кроз развој постојећег система, било кроз увођење новог система
- преглед конкурентности накнада за запослене ЈППС и Железницама Србије (зарада, добит) и дефинисање фиксних критеријума у погледу квалификација и успеха реализације

Да би постојеће стање и донети план имали шансе да се промене и примене, требало би на свим нивоима власти и струке уместо дилетаната поставити компетентне кадрове и комплетно реорганизовати управљање путном и железничком инфраструктуром и привредом. Закон о министарствима (надлежности министарстава) је у супротности са законом о државној управи). Нигде на свету министарства не граде путеве и пруге, нити су министри градитељи.

Литература:

1. World Bank, Africa Technical Department, Human Resources Division, Washington, D.C.
2. Побољшање управљања путним сектором у Србији, август 2008. Вођа радног тима Martin Hamfriz, Светска банка, Унапређење управљања секундарним и терцијарним путевима у земљама Југоисточне Европе,
3. Henry G.R. Kerali, "HDM-4, volume ONE, Overview of HDM-4"
4. Henry G.R. Kerali, Derek McMullen, J.B. Odoki, David C. Wightman, Jo M. Dakin, Christopher R. Bennett, William D.O. Paterson "HDM-4 (Highway Development & Management), volumes ONE to FIVE, The Highway Development and Management Series", World Ro
5. Извештај бр. 43979-ECA, Унапређење управљања секундарним и терцијарним путевима у земљама Југоисточне Европе, Јединица за транспорт, Одељење за одрживи развој, Регион Европе и Централне Азије, Јуни 2008. Документ Светске банке
6. Предлог политике за Владу Републике Србије, Побољшање управљања путним сектором у Србији, Одсек за Транспорт, Одељење за одрживи развој, Регион Европе и Средње Азије, август 2008. Године, Документ Светске банке, Вођа радног тима : Мартин Хамфриз
7. Public Works Manual, Pennsylvania Governors Center for Local Government Services, august 2002.
8. BUREAU OF LOCAL ROADS AND STREETS MANUAL, BUREAU OF LOCAL ROADS & STREETS, Jan 2006 IDOT ORGANIZATION, 1-1 ILLINOIS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION ISSUES OF LOCAL LEVEL MANAGEMENT, C. Malmberg Calvo, World Bank (1998)
9. Закон о железници (Сл. гласник РС, бр. 45/2013.)

PROBLEMI FINANSIRANJA DRŽAVNIH PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI PREMA ZAKONU O JAVNIM PUTEVIMA

PROBLEM OF FINANCING OF STATE ROADS IN REPUBLIC OF SERBIA BY LAW ON PUBLIC ROADS

mr Vladan Branković[1], dipl.inž.građ,
Ministarstvo saobraćaja, Beograd, e-mail: skak89@gmail.com
Dejan Kocić, dipl. prav.
Ministarstvo saobraćaja, Beograd, e-mail: dejan.kocic@mi.gov.rs
Momir Kočović, dipl.inž.građ,
Ministarstvo saobraćaja, Beograd, e-mail: momir1963@gmail.com
Dejan Bulajić, dipl.inž.građ,
Preduzeće za puteve „Požarevac"ad, e-mail: dejan17r@gmail.com

mr Vladan Branković[1], graduate civil engineer.
Ministry of transport, Beograd, e-mail: skak89@gmail.com
Dejan Kocić, lawyer.
Ministry of transport, Beograd, e-mail: dejan.kocic@mi.gov.rs
Momir Kočović, graduate civil engineer.
Ministry of transport, Beograd, e-mail: momir1963@gmail.com
Dejan Bulajić, graduate civil engineer,
Company for roads „Požarevac"ad, e-mail: dejan17r@gmail.com

Rezime: *Višegodišnji problem nedostatka novca za održavanje državnih puteva u Republici Srbiji, dovelo je do toga da je čak 75 odsto državnih puteva u nezadovoljavajućem stanju. Ukidanjem naknada za održavanje državnih puteva od akcize na derivate nafte i tečnog naftnog gasa i naknada koje pripadaju upravljaču tog puta i nerešavanjem pitanja adekvatnih izvora za finansiranje mreže državnih puteva koji bi zamenili ukinute izvore, dovelo je tu putnu mrežu u katastrofalno stanje. U ovom radu dat je pregled finansiranja državnih puteva prema Zakonu o javnim putevima sa predlogom mera u pogledu izvora finansiranja te mreže puteva.*

Ključne reči: *bezbednost saobraćaja, finansiranje državnih puteva, zakonski propisi, preventiva, upravljač*.

Abstract: *The perennial problem of lack of money for maintenance of state roads in the Republic of Serbia, led to the fact that as many as 75 percent of state roads in an unsatisfactory condition. Abolition of fees for maintenance of state roads from excise taxes on petroleum products and liquefied petroleum gas and fees belonging to the control of the road and not solving issues of adequate resources to finance state road network that would replace the abolished sources, has led to the road network in a disastrous state. This paper gives an overview of the financing of state roads under the public roads with proposed measures in terms of funding sources and the road network.*

Keywords: *road safety, financing of state roads, legislation, prevention, control.*

1. UVOD

Putno inženjerstvo staro je otprilike 10.000 godina. Prve puteve čovek je nasledio od životinja koje su svojim redovnim odlaskom na vodu ili prirodnim seljenjem stvarale staze. Ti prvobitni putevi stvarani su da se zadovolje osnovne životne funkcije. Prelomni trenutak koji je i odredio dalji razvoj putnog saobraćaja vezuje se za pronalazak i primenu točka. Ovo se dogodilo oko 3.000 godina pre n. e. kada su konstruisana i prva zaprežna kola. Međutim, da bi mogla da se koriste bilo je potrebno da se pristupi smišljenom planiranju i građenju putne mreže. Razvojem trgovine formiraju se prvi putni pravci koji su povezivali različita područja jednog kontinenta ili čak i više kontinenata („Put svile", „Jantarski-ćilibarski" putevi).

Porast dohotka i razvoj automobilske industrije uslovili su brzi rast broja motornih vozila u celom svetu. Individualna motorizacija predstavlja najznačajnijeg aktera saobraćajnih zbivanja. Ona se razvija sa porastom životnog standarda.

Republika Srbija raspolaže putnom mrežom državnih puteva prvog i drugog reda čija se vrednost procenjuje na 13 milijardi USA $. Srbija je evropska zemlja sa srednjom gustinom naseljenosti i dobro

razvijenom mrežom puteva. Putna mreža se prostire na nadmorskim visinama od 30 metara (Negotin) pa do 1.700 metara (Golija). Procena je da se 40% dužine putne mreže prostire na visinama preko 600 metara. Asfaltni kolovozi državnih puteva prvog i drugog reda su izgrađeni u periodu od 1962. do 1985. godine, pri čemu su mnogi pravci zadržali stare elemente trase, tako da je asfalt položen preko postojećeg tucanika. U istom periodu su najznačajniji pravci izgrađeni prema projektima, te su te deonice dobile nove, bolje elemente uzdužnog i poprečnog profila.

Putnu mrežu Republike Srbije, u dužini od 40.845 km čine:
- 5.525 km državnih puteva prvog reda
- 11.540 km državnih puteva drugog reda i
- 23.780 km lokalnih puteva.

Na nivou cele putne mreže 2/5 deonica imaju tucaničke i zemljane kolovoze.

U Republici Srbiji je 32 % puteva prvog i drugog reda staro preko 20 godin, a svega oko 14 % do 10 godina. Usled dugogodišnjeg nedovoljnog ulaganja u održavanje i rekonstrukciju puteva, trenutno stanje putne mreže nije zadovoljavajuće.

Na putevima Republike Srbije ima 2.638 mostova ukupne površine oko 800.000. m2, od tog broja:
- 215 mostova je na autoputevima
- 996 mostova je na državnim putevima prvog reda i
- 1427 mosta na državnim putevima drugog reda.

Neamortizovana vrednost svih mostova procenjuje se na jednu milijardu USA $.

Na putevima u Srbiji izgrađeno je 78 tunela, ukupne dužine 10.053 metara. Tuneli su različite starosti, različite tehnologije gradnje u raznolikim geološkim sredinama. Najduži tunel je Šargan, na pravcu od Kremne ka Višegradu, dužine 775 m. Najveća koncentracija ovih objekata je na Đerdapskoj magistrali, ima ih 25, a ukupno 32 tunela je duže od 100 m.

2. KLASIFIKACIJE PUTEVA

Put je inženjerski objekat, tj. izgrađena, odnosno utvrđena površina koju kao saobraćajnu površinu mogu da koriste svi ili određeni učesnici u saobraćaju, pod uslovima određenim zakonom i drugim propisima, koji služi za transport ljudi i dobara u cilju ostvarenja određenih društveno-ekonomskih, kulturnih ili rekreativnih zadataka. Zbog toga nije moguće izvršiti jednostranu inženjersku klasifikaciju, te se putevi klasiraju i po geopolitičkom, eksploatacionom i tehničkom kriterijumu. Zbog naglog razvoja motornog saobraćaja i drugih razloga često imamo da određeno visoko klasiranje tj. rangiranje puteva ne odgovara i njihovom postojećem fizičkom stanju.

U Zakonu o javnim putevima („Službeni glasnik RS“, br. 101/05, 123/07, 101/11, 93/12 i 104/13), u članu 3. uređeno je da javni putevi i nekategorisani putevi čine mrežu puteva, a kao dobra u opštoj upotrebi, u državnoj su svojini i na njima se mogu sticati prava korišćenja, prava službenosti i druga prava određena zakonom.

U članu 5. stav 1, u kome su javni putevi podeljeni prema kriterijumu značaja saobraćajnog povezivanja, ti putevi su podeljeni na:
1) državne puteve I reda (saobraćajno povezuju teritoriju države sa mrežom evropskih puteva, odnosno deo su mreže evropskih puteva, teritoriju države sa teritorijom susednih država, celokupnu teritoriju države, kao i privredno značajna naselja na teritoriji države);
2) državne puteve II reda (saobraćajno povezuju područje dva ili više okruga ili područje okruga);

3) opštinske puteve (saobraćajno povezuju teritoriju opštine, odnosno grada, kao i teritoriju opštine, odnosno grada sa mrežom državnih puteva) i
4) ulice (saobraćajno povezuju delove naselja).

Članom 6. stav 1. istog zakona propisano je da se prema položaju u prostoru i uslovima odvijanja saobraćaja javni putevi dele na javne puteve van naselja i javne puteve u naselju, a u st. 2. i 7. istog člana predviđeno je da se javni put u naselju određuje prostornim i urbanističkim planom i da pravac opštinskog puta u naselju određuje skupština opštine, odnosno skupština grada.

3. FINANSIRANjE ODRŽAVANjA I IZGRADNjE PUTEVA U EVROPSKIM ZEMLjAMA

Za održavanje, obnovu i izgradnju puteva svuda u svetu odvajaju se značajna sredstva. Raspodela tih sredstava zavisi od političkih i društvenih faktora, prirodne sredine, ekonomskih parametara i funkcionalnog ranga puta.

Raspodela sredstava za održavanje, obnovu i izgradnju puteva zavisi od politike koju vode donosioci odluke na nivou države, regiona, oblasti i opština. Važno pitanje kod raspodele sredstava za puteve je poreklo tih sredstava i pridavanje značaja tih koji učestvuju u njihovom formiranju kao i pitanje raspodele sredstava po rangu puteva i/ili nivoima usluge. Mreža puteva jedne zemlje predstavlja najveću javnu investicionu vrednost i jednu od osnovica razvoja nacinalne ekonomije. Troškovi transporta su različiti od zemlje do zemlje i iznose od 2%(kod razvijenih zemalja) do 17% od godišnjeg nacionalnog dohodka kod ostalih, dok se potrebni troškovi održavanja putne infrastrukture kreću oko ¼ od ukupnih troškova transporta. Način prikupljanja sredstava u budžet za održavanje, obnovu i izgradnju puteva u zemljama u regionu a i šire sličan, ali je organizaciono, administrativna šema za raspodelu odraz politike vlade u svakoj zemlji.

Ukoliko bi se sredstva koja se prikupljaju u budžetu za puteve izrazila preko procenta od maloprodajne cene tečnih goriva, ta naknada se u Evropi od zemlje do zemlje kreće prema nekim podacima od 35% do 65%, dok je kod nas ono iznosilo oko 8%.

Godišnji utrošak sredstava za održavanje puteva u zemljama Evropske unije je veoma različit i kreće se oko 15.000 € do oko 45.000 € po km, a za novu gradnju od ukupnog budžeta za puteva godišnji utrošak je od 25% do 65%. Treba istaći, kada je mreža puteva u nekoj zemnji u lošem stanju, kao kod nas (oko 75%), ne pomaže redovno održavanje, već rehabilitacije i rekonstrukcije koje koštaju oko 70.000 € do 150.000 €, za put sa dve saobraćajne trake.

4. FINANSIRANjE MAGISTRALNIH I REGIONALNIH PUTEVA U ZAKONU O PUTEVIMA I RAZLOZI ZA NOVI SISTEM FINANSIRANjA U ZAKONU O JAVNIM PUTEVIMA

Izvori za finansiranje izgradnje, rekonstrukcije, održavanja, zaštite, korišćenja, razvoja i upravljanja magistralnim i regionalnim putevima, u primeni Zakona o putevima ("Službeni glasnik RS", br. 46/91, 52/91, 53/93, 67/93, 48/94 i 42/98), obuhvatali su izdvajanje sredstava iz budžeta Republike Srbije, naplatu naknada za upotrebu i korišćenje puteva, kao i sredstva iz ino – kredita, dok je upravljanje magistralnim i regionalnim putevima, kao posao od značaja za ostvarivanje prava i dužnosti Republike, bio poveren Republičkoj direkciji za puteve, koja je bila obrazovana kao državni organ - posebna organizacija.

Prilikom izrade novog zakona kojim bi trebalo regulisati oblast javnih puteva ministarstvo nadležno za saobraćaj, kao resorno za oblast javnih puteva, ocenilo je da je upravljanje magistralnim i regionalnim putevima od strane državnog organa u praksi izazvalo brojne finansijske i druge probleme, dovelo u pitanje dalje odnose sa inostranim finansijerima i izazvalo poremećaj u obezbeđenju pouzdanog i stabilnog izvora finansiranja. Dok su zemlje u okruženju izdvajale godišnje sve veće sume za razvoj javnih puteva, u Republici Srbiji taj proces je išao obrnutim tokovima, odnosno, izdvajanje se, počev od 2000. godine. svake godine smanjivao. Takođe, prilikom potpisivanja međunarodnih sporazuma o zaduživanju, Republika Srbija je,

zajedno sa Republičkom direkcijom za puteve, pored drugih postavljenih uslova od Svetske banke i Evropske banke za obnovu i razvoj, preuzela obavezu za donošenje novog zakona o putevima, koji će obezbediti potpunu samostalnost subjekta koji upravlja magistralnim i regionalnim putevima.

Finansiranje javnih puteva je već tada zaostajalo za finansiranjem drugih javnih službi. Drastične promene nastale su početkom 2001. godine ukidanjem uredbe koja je regulisala obavezno izdvajanje sredstava iz naftnih derivata za finansiranje javnih puteva i direktnu uplatu ovih sredstava na poseban račun Republičke direkcije za puteve. Od tog trenutka nastaju krupni problemi u finansiranju, a politika finansiranja, koja se ostvaruje od početka 2001. godine usmerila je sredstva dotada namenjena za puteve u budžet Republike Srbije. Izdvajanja koja su bila planirana u budžetu Republike Srbije za finansiranje javnih puteva, nisu bila dovoljna, šta više ona su smanjivana i nisu realizovana na način kako je bilo planirano. Takav način finansiranja je imao negativne posledice na ukupno stanje izgradnje i rekonstrukcije javnih puteva, a posebno se odrazio na obim i kvalitet održavanja.

Prema ukupno planiranim poslovima Republičke direkcije za puteve, koji je trebalo da se obave u 2004. godini, kao godini koja je prethodila donošenju Zakona o javnim putevima, kao i za nastavak započetih poslova u godinama koje su prethodile, bilo je neophodno obezbediti 32.240.500.000,00 dinara, od čega od sopstvenih prihoda-putarine i drugih naknada za korišćenje u iznosu od 6.887.000.000,00 dinara. U budžetu Republike Srbije za 2004. godinu bila su predviđena sredstva u iznosu od 6.438.300.000,00 dinara, a iz međunarodnih kredita 6.352.000.000,00 dinara i od ostalih sredstava sve u iznosu od 21.256.200.000,00 dinara. Da bi se realizovali planirani radovi za 2004. godinu u potpunosti, bila su neophodna bila dodatna sredstva u iznosu od 8.402.500.000,00 dinara.

Ove činjenice su na nesumnjiv način ukazivale obrađivaču zakona kojim se uređuje materija javnih puteva da izvori finansiranja za mrežu magistralnih i regionalnih puteva nisu stabilni i nedovoljni su, te je bilo neophodno utvrditi druge pouzdanije izvore finansiranja, u prvom redu zahvatanja iz cene naftnih derivata, pošto je ovaj izvor finansiranja, kada je bio u primeni, bio pouzdan i stabilan, a naplata efikasna.

5. SISTEM FINANSIRANjA DRŽAVNIH PUTEVA PO ZAKONU O JAVNIM PUTEVIMA I RAZLOZI ZA IZMENE U FINANSIRANjU DONOŠENjEM IZMENA I DOPUNA TOG ZAKONA

5.1 Finansiranje državnih puteva po osnovnom tekstu Zakona o javnim putevima ("Službeni glasnik RS", broj 101/05)

Uvođenjem novih izvora za finansiranje javnih puteva ministarstvo nadležno za poslove saobraćaja, kao resorno za oblast puteva, pokušalo je da obezbedi stabilnost i pouzdanost finansiranja javnih puteva, a posebno mreže državnih puteva.

Shodno članu 16. Zakona o javnim putevima, koji je stupio na snagu 1. januara 2006. godine, finansiranje izgradnje i rekonstrukcije, održavanja i zaštite javnog puta obezbeđuje se iz:

1) naknada za upotrebu javnog puta;
2) naknade za održavanje državnog puta u visini od 10,0% od akcize na derivate nafte;
3) finansijskih kredita;
4) ulaganja domaćih i stranih lica;
5) budžeta Republike Srbije i
6) drugih izvora u skladu sa zakonom.

Prema članu 17. istog zakona naknade koje se plaćaju za upotrebu javnog puta koriste se za izgradnju, rekonstrukciju, održavanje i zaštitu javnih puteva, kao i za troškove korišćenja i otplatu kredita za navedene namene i obuhvataju sledeće naknade:

1) godišnja naknada za motorna vozila, traktore i priključna vozila;
2) godišnja naknada za vozila na motorni pogon koja nisu obuhvaćena tačkom 1) ovog člana;

3) naknada za vanredni prevoz;
4) naknada za postavljanje reklamnih tabli, reklamnih panoa, uređaja za slikovno ili zvučno obaveštavanje ili oglašavanje na javnom putu, odnosno na drugom zemljištu koje koristi upravljač javnog puta, u skladu sa propisima;
5) posebna naknada za upotrebu javnog puta, njegovog dela ili putnog objekta (u daljem tekstu: putarina);
6) naknada za prekomerno korišćenje javnog puta, njegovog dela ili putnog objekta;
7) naknada za zakup delova zemljišnog pojasa javnog puta;
8) naknada za zakup drugog zemljišta koje koristi upravljač javnog puta;
9) naknada za priključenje prilaznog puta na javni put;
10) naknada za postavljanje vodovoda, kanalizacije, električnih, telefonskih i telegrafskih vodova i sl. na javnom putu;
11) naknada za izgradnju komercijalnih objekata kojima je omogućen pristup sa javnog puta;
12) godišnja naknada za korišćenje komercijalnih objekata kojima je omogućen pristup sa javnog puta, i
13) naknada za upotrebu državnog puta za vozila registrovana u inostranstvu.

Shodno članu 18. istog zakona visinu naknade iz člana 17. tač. 1) i 13) tog zakona utvrđuje Vlada, iz tačke 2) tog člana utvrđuje nadležni organ opštine, odnosno grada, a iz tač. 3) do 12) utvrđuje upravljač javnog puta.

U pogledu pripadnosti naplaćenih sredstava, u čl 19 – 22. Zakona o javnim putevima propisano je da naknada za održavanje državnog puta u visini od 10,0% od akcize na derivate nafte pripadaju Javnom preduzeću "Putevi Srbije", s tim da se naplaćena sredstva koriste za održavanje i zaštitu državnih puteva; da su sredstva od naplaćene naknade iz člana 17. tač. 1) i 2) tog zakona prihod opštine; da su sredstva od naplaćene naknade iz člana 17. tač. 3) do 13) istog zakona za upotrebu državnih puteva prihod Javnog preduzeća, a sredstva naplaćena od tih naknada za upotrebu opštinskih puteva i ulica prihod upravljača tih puteva i ulica.

Iz izloženog se vidi da su za poslove upravljanja državnim putevima Javnom preduzeću "Putevi Srbije" pripadala sredstva od akcize na derivate nafte, kao i sredstva od naknada iz člana 17. tač. 3) do 13) Zakona o javnim putevima, što je u tom trenutku ocenjeno kao dovoljno za uspešno izvršavanje svih poslova tog javnog preduzeća.

5.2 Finansiranje državnih puteva po Zakonu o izmeni Zakona o javnim putevima ("Službeni Glasnik RS", broj 123/07)

Izmena Zakona o javnim putevima, koja je stupila na snagu 1. januara 2008. godine, trebalo je da reši problem nedostajućih sredstava namenjenih za finansiranje radova na održavanju državnih puteva na teritoriji Republike Srbije, čime su se stvorile pretpostavke za trajno, neprekidno i kvalitetno održavanje tih puteva, a time i za nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja na navedenoj putnoj mreži.

Tom izmenom predviđeno je da se naknada za održavanje državnog puta od akcize na derivate nafte i tečnog naftnog gasa poveća na 15,0% u periodu od 1. januara 2008. godine do 31. decembra 2008. godine, a na 20,0% u periodu od 1. januara 2009. godine.

Donošenje ovog zakona bilo je neophodno iz sledećih razloga:

1) rehabilitacija i izgradnja državnih puteva koja se finansirala iz inostranih zajmova uticala je na razvijenost ove putne mreže, a time i na povećanje obaveza po osnovu redovnog održavanja. Prema odredbama ugovora sklopljenih sa inostranim bankama bilo je neophodno na ime redovnog održavanja izdvojiti oko 200 miliona eura;
2) održavanje državnih puteva, u cilju nesmetanog i bezbednog odvijanja saobraćaja na tim putevima, bilo je neophodno sprovoditi i u nepredviđenim okolnostima, kao što su

elementarne nepogode, klizišta, poplave, pad mostova (vrednost radova u 2005. i 2006. godini iznosi 50 miliona eura);

3) realizacija nepredviđenih radova na pojačanom održavanju, koji se izvode po nalozima republičkih inspektora za državne puteve i saobraćajne policije (u 2006. godini uloženo je 80 miliona eura).

Sve navedeno ukazivalo je da je nedostatak finansijskih sredstava, odnosno izvora finansiranja, namenjenih za održavanje državnih puteva, ozbiljno ugrozio likvidnost Javnog preduzeća „Putevi Srbije", što je moglo prouzrokovati onemogućavanje održavanja državnih puteva, a time i ugroziti nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja.

5.3 Finansiranje državnih puteva po Zakonu o izmenama Zakona o javnim putevima ("Službeni glasnik RS", broj 101/11)

Izmenom člana 16. Zakona o javnim putevima predviđeno je da se finansiranje izgradnje i rekonstrukcije, održavanja i zaštite javnog puta obezbeđuje iz:

1. naknada za upotrebu javnog puta;
2. budžeta Republike Srbije;
3. finansijskih kredita;
4. ulaganja domaćih i stranih lica i
5. drugih izvora u skladu sa zakonom.

Navedeno zakonsko rešenje podrazumevalo je da prihodi po osnovu akciza na derivate nafte i tečnog naftnog gasa, kao javni prihod, u celini postanu prihod budžeta Republike Srbije, što se u trenutku donošenja Zakona o izmenama Zakona o javnim putevima smatralo celishodnijim rešenjem.

Naime, u članu 16. tačka 2) Zakona o javnim putevima bilo je propisano da se finansiranje održavanja i zaštite državnog puta obezbeđuje iz naknade za održavanje državnog puta od akcize na derivate nafte i tečnog naftnog gasa u visini od:

1) (1) u periodu od 1. januara 2008. godine do 31. decembra 2008. godine 15,0%,
2) (2) u periodu od 1. januara 2009. godine 20,0%.

Koncepcija Zakona o izmenama Zakona o javnim putevima predviđala je da će se, nakon brisanja navedene odredbe, sredstva namenjena finansiranju održavanja i zaštite državnih puteva, a što su poslovi Javnog preduzeća „Putevi Srbije", opredeljivati u potrebnom iznosu godišnjim zakonom o budžetu Republike Srbije, tako da poslovi održavanja i zaštite državnih puteva neće biti ugroženi.

Prema procenama ministarstva nadležnog za finansije, u trenutku donošenja Zakona o izmenama Zakona o javnim putevima, njegova primena uticala je da prihodi budžeta Republike Srbije po osnovu akciza na derivate nafte i tečni naftni gas u 2012. godini, budu veći za 18,6 milijardi dinara.

Naime, ukupna projekcija akciza na derivate nafte i tečni naftni gas za 2012. godinu je 93,1 milijardi dinara, dok je tada važeće rešenje iz Zakona o javnim putevima podrazumevalo da 20% ovih prihoda, tj. 18,6 milijardi dinara, pripada Javnom preduzeću „Putevi Srbije" za namene održavanja i zaštite državnih puteva.

Izmenama Zakona o javnim putevima ukupni prihodi po osnovu akcize na derivate nafte i tečni naftni gas pripali su budžetu Republike Srbije, s tim da je bilo predviđeno da će se sredstva u visini od 10% prihoda od akcize na derivate nafte i tečnog naftnog gasa, odnosno 9,3 milijardi dinara transferisati (u vidu subvencija iz budžeta Republike Srbije) Javnom preduzeću „Putevi Srbije" za održavanje i zaštitu državnih puteva.

5.4 Finansiranje državnih puteva po Zakonu o izmenama i dopuni Zakona o javnim putevima ("Službeni glasnik RS", broj 93/12)

Stupanjem na snagu Zakona o izmenama i dopuni Zakona o javnim putevima, 6. oktobra 2012. godine, brisane su sledeće naknade za upotrebu javnog puta, predviđene u članu 17. Zakona o javnim putevima:

1) godišnja naknada za motorna vozila, traktore i priključna vozila;
2) godišnja naknada za vozila na motorni pogon koja nisu obuhvaćena članom 17. tačka 1) Zakona o javnim putevima;
3) naknada za prekomerno korišćenje javnog puta, njegovog dela ili putnog objekta;
4) naknada za priključenje prilaznog puta na javni put;
5) naknada za izgradnju komercijalnih objekata kojima je omogućen pristup sa javnog puta.

Tokom primene Zakona o javnim putevima, na osnovu ukazivanja privrednih subjekata i građana na veliki broj nameta koje plaćaju u vezi korišćenja javnih puteva i njihovu visinu, identifikovani su brojni troškovi privrednih subjekata koji posluju u oblasti prevoza u drumskom saobraćaju, kao i građana koji koriste javne puteve, a koji otežavaju poslovanje privrede i utiču na povećanje troškova života građana. i direktno utiču na smanjenje investicija i rast „sive ekonomije.

Analizirajući navedene zahteve zaključeno je da su neke od tih obaveza neopravdano uvedene i da su zahtevi privrede i građana u tim slučajevima opravdani, tako da su izvršene izmene Zakona o javnim putevima brisanjem određenih naknada, a konkretni razlozi za to su sledeći:

Prihodi po osnovu godišnje naknade za vozila na motorni pogon koja nisu obuhvaćena članom 17. tačka 1) Zakona o javnim putevima u praksi nisu ostvarivani, a godišnja naknada za motorna vozila, traktore i priključna vozila predstavlja veliki teret za građane i poljoprivrednike.

Takođe je ukinuta i naknada za postavljanje reklamnih tabli, reklamnih panoa, uređaja za slikovno ili zvučno obaveštavanje ili oglašavanje, osim ako se radi o državnom putu.

Naknada za prekomerno korišćenje javnog puta, njegovog dela ili putnog objekta u praksi nije dala nikakav efekat, jer prihodi od iste gotovo da nisu ni ostvarivani.

Kada je reč o ukidanju obaveze plaćanja naknada za priključenje prilaznog puta na javni put i naknade za izgradnju komercijalnih objekata kojima je omogućen pristup sa javnog puta, imalo se u vidu da uporedno postoji godišnja naknada za korišćenje komercijalnih objekata kojima je omogućen pristup sa javnog puta. Predlog da se ove dve obaveze ukinu je dat jer te obaveze poskupljuju inicijalne troškove izgradnje komercijalnih objekata pored javnog puta, negativno utiču na tu vrstu investicije, pa samim tim posredno negativno utiču i na naplatu po osnovu godišnjeg korišćenja komercijalnih objekata, koja obaveza je trajnog karaktera.

Analize naplate ukazuju da je naplata po ova dva osnova 0,18 miliona dinara i 15,3 miliona dinara, dok je naplata po osnovu godišnjeg korišćenja komercijalnih objekata 239 miliona dinara.

6. ZAKLjUČAK

S obzirom na trenutnu ekonomsku situaciju u Republici Srbiji, a posebno imajući u vidu težak položaj privrede i građana, nema previše prostora za prikupljanje sredstava za finansiranje poslova na državnim putevima putem nametanja raznih oblika taksi i naknada.

Ipak, uzimajući u obzir nedovoljno dobro stanje državnih puteva koje predstavlja između ostalog i limitirajući faktor privrednog razvoja Republike Srbije, potrebno je da se:

- putna mreža kategorizuje prema stvarnim potrebama države i u skladu sa strategijama Evropske unije iz ove oblasti,

- definiše imovina upravljača državnih puteva i utvrdi njena tačna vrednost,
- uspostavi održivi način finansiranja i održavanja putne mreže koja neće zavisiti od političkih odluka,
- formira jedinstvena lista prioriteta za ulaganje u putnu infrastrukturu i donese srednjoročni i dugoročni plan izgradnje i rekonstrukcije, održavanja i zaštite državnih puteva kao i strategija drumskog i ostalih vidova transporta u Republici Srbiji sa sistemom upravljanja i praćenja izvršenja strategije i planova,
- uradi model ugovaranja radova redovnog održavanja prema nivou usluge i prema rangu puta za teritoriju Republike Srbije,
- uvede sistem kvaliteta u rad upravljača državnih puteva,
- unapredi sistem naplate putarine,
- obezbede materijalni uslovi za kadrovsko ojačanje upravljača državnih puteva,
- unapredi sistem za kontrolu upravljača državnih puteva i praćenje svih radova na tim putevima od strane organa državne uprave.

Kako je izvesno da sredstva neće biti dovoljna za popravljanje stanja na državnim putevima, mora se razmisliti i o drugim izvorima u skladu sa zakonskom regulativom koju treba unaprediti – pre svega sredstvima, prihodima po osnovu zaduživanja (krediti) i uključivanje privatnog kapitala u izgradnju, održavanje i eksploataciju puteva primenom partnerstva javnog i privatnog sektora – public private partnership (PPP).

Da bi se sadašnje stanje puteva moglo promeniti trebalo bi na svim nivoima postaviti kompetentne kadrove i kompletno reorganizovati i depolitizovati upravljanje putnom privredom.

7. LITERATURA

[1]Anđus, V. (2011).Izabrani radovi, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
[2]Dokić,M. (2003).Saobraćajna infrastruktura kao osnova društveno-ekonomskog razvoja i racionalizacije saobraćajnog sistema SSG, Institut ekonomskih nauka,
[3]Zakon o javnim putevima („Službeni glasnik RS“, br. 101/2005, 123/2007, 101/11, 93/12 i 104/13)
[4]Zakon o finansiranju lokalne samouprave („Službeni glasnik RS, br. 62/06, 47/11, 93/12 i 99/13 - dr. propis)
[5]Izveštaj br. 43979-ECA: Unapređenje upravljanja sekundarnim i tercijalnim putevima u zemljama Jugoistočne Evrope, Jedinica za transport, Odeljenje za održivi razvoj, Region Evrope i Srednje Azije, juni 2008. godine, Dokument Svetske banke,
[6]Katanić, J. Anđus, V. Maletin, M. (1983).Projektovanje puteva, IRO Građevinska knjiga,
[7]Maletin, M. (2005).Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima, Orion,
[8]Maletin, M. (2004).Planiranje saobraćaja i prostora, Građevinski fakultet
[9]Poboljšanje upravljanja putnim sektorom u Srbiji, avgust 2008. Vođa radnog tima Martin Hamfriz, Unapređenje upravljanja sekundarnim i tercijalnim putevima u zemljama Jugoistočne Evrope,
[10]Cvetanović, A. Banić, B. (2013). Lokalni putevi, Akademska misao,
[11]http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis_ZAKO1366.html(27.03.2014.)
[12]http://www.zakon.hr/z/244/Zakon-o-cestama(27.03.2014.)
[13]http://sarajevoto.com/Republicka-Direkcija-Za-Puteve-Banja-Luka(27.03.2014.)
[14]http://avg.nation.com/avgtbavg/search/web?fcoid=417&fcop=topnav&fpid=2&cid=%7B1F583ECF-D9A1-47BF-A70F-753AA47A6EAE%7D&mid=0758e5d9dd10fccc517e23a62a36a0c2-5740fc490eff76273686791d7797d622a19f09f5&ds=AVG&lang=en&v=17.0.0.12&sg=0&pid=nation&pr=pr&d=2013-10-15+08%3A40%3A09&sap=dsp&coid=avgtbavg&q=Zakon+o+aqqkcizama+republike+srpske&ql=(27.03.2014.)
[15]http://skupstinabd.ba/ba/zakoni/ba/zakon-o-akcizama.html(27.03.2014.)
[16]http://narodnaskupstinars.net/lat/stranica/620-zakon-o-izmjenama-i-dopunama-zakona-o-akcizama-i-porezu-na-promet-lat(27.03.2014.)
[17]http://bs.scribd.com/doc/113595701/PUTEVI-Putna-Administracija-i-Zastita-Puteva(27.03.2014.)

PLANIRANJE I FINANCIRANJE CESTOVNE INFRASTRUKTURE

Ksenija Čulo[1]
[1] *Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Hrvatska*

Rezime: *Javni sektor nosi puno više tereta izdataka infrastrukture nego što bi se realno očekivalo da bi mogao podnijeti. U posljednjih nekoliko desetljeća, javljaju se inovativne i raznovrsne tehnike financiranja koje omogućuju sve brži prijelaz rizika stvaranja i održavanja prometne infrastrukture s javnoga na privatni sektor. Korištenje neregresnog i ograničenog regresnog financiranja projekta (također poznat kao project finance) dopušta sponzorima podizanje kredita osiguranih prihodima, a ne imovinom projekta a to se sve više koristi u industrijaliziranim zemljama i zemljama u razvoju. Financiranje u ovom obliku može biti složen i dugotrajan proces, budući da se interesi različitih partnera moraju osigurati kroz pregovore i ugovorne uvjete. Kao posebni oblici project finance tehnika za razvoj prometne infrastrukture, novi pristupi poznati kao build – operate - transfer (BOT) razvijeni su i sada igraju važnu ulogu u provedbi infrastrukturnih projekata. Ovaj pristup zahtijeva puno bolje planiranje i jasnije definiranje rizika nego što je to slučaj s tradicionalnim projektima. Komercijalne, tehničke, financijske, gospodarske procjene i procjena utjecaja na okoliš trebaju osigurati donošenje odgovarajućih odluka i dobivanje «vrijednost za novac». Članak objašnjava prednosti i izazove planiranja i financiranja projekata cestovne infrastrukture.*

Ključne reči: *cestovna infrastruktura, projektno financiranje, BOT*

1. UVOD

Infrastruktura, ako već nije "motor", onda je “kotač” ekonomskoga napretka [1]. Ulaganje u infrastrukturu je jedan od preduvjeta kontinuiranog i održivog rasta. Gospodarstvo koje se želi razvijati, mora imati odgovarajuće infrastrukturne usluge uključujući transport, energiju, telekomunikacije, opskrbu vodom, kanalizaciju i odlaganje otpada. Dokazano je postojanje čvrste veze između kvalitete infrastrukture i visini nacionalnog dohotka po stanovniku. To ipak ne znači da investiranje u infrastrukturu samo po sebi jamči gospodarski razvitak. Infrastruktura je potreban, ali ne i dovoljan preduvjet za gospodarski rast - moraju postojati i još neki drugi potrebni resursi.

Očito je da infrastruktura ima utjecaj na gospodarski rast, ali takvi globalni odnosi ne mogu pomoći određivanju razine infrastrukture potrebne nekoj zemlji te određivanju kakva bi trebala biti raspodjela po sektorima. Neke su studije u SAD-u pokazale da je utjecaj infrastrukture na gospodarski rast iznenađujuće visok i da je povrat kapitala veći nego kod drugih vrsta ulaganja [3]. To je možda preopćenit zaključak i zbog toga, u njegovoj primjeni, treba biti oprezan. Neki kažu da je zapravo obrnuto tj. da gospodarski rast vodi razvitku infrastrukture. Bez obzira na to što nema suglasnosti oko veličine ili prirode utjecaja infrastrukture na gospodarski rast, uloga infrastrukure je svakako vrlo važna. Osim toga, u mnogim se zemljama pokazalo da je povrat kapitala u infrastrukturi manji nego pri drugim vrstama ulaganja. To je možda posljedica općenito slabije učinkovitosti državnog ulaganja ili posljedica loše ekonomske politike. Drugi razlog može biti precjenjivanje potražnje za određenom infrastrukturom u fazi identificiranja i definiranja projekta. To je pokazala analiza projekata financiranih od strane Svjetske banke koja je utvrdila da postoji tendencija precjenjivanja rasta potražnje što dovodi do izgradnje prevelikih kapaciteta koji onda u upotrebi ne mogu ostvariti planirani prihod [1]. Tipičan takav slučaj je u Republici Hrvatskoj gdje je 2008. dostignut održivi maksimum u gradnji autocesta, ali se svejedno, političkim odlukama, bez obzira na financijske posljedice, nastavilo s gradnjom autocesta financiranih kreditima koje je danas nemoguće vraćati pa se razmišlja o monetizaciji mreže autocesta.

Javna potrošnja u izgradnju i održavanje cestovne infrastrukture može biti važno poticajno oruđe rasta u teškim vremenima dok izgradnja infrastrukture može biti važan poticajni instrument u zapošljavanju. To se, međutim, često ne koristi na pravilan način. Pri odlučivanju o gradnji cestovnih infrastrukturnih objekata, politički činitelji često ne gledaju dalje od kratkotrajnih učinaka i mnogim vladama služi početak ili završetak gradnje infrastrukturnih objekata za trenutne političke koristi. S druge strane, kratkotrajne teškoće vezane za nedostatna proračunska sredstva u fazi prilagodbe gospodarsva novim uvjetima dovode do nerazmjernog ograničavanja ulaganja u infrastrukturu, otežavajući na taj način rast gospodarstva nakon provedene prilagodbe. U teškim vremenima, ulaganja u cestovnu infrastrukturu i njeno održavanje obično su prva stavka koja se briše. Usprkos visokim dugoročnim troškovima zbog smanjenja ulaganja u infrastrukturu, vlade često zaključuju da je takavo ponašanje manje politički štetno od nekih drugih mjera koje bi mogle negativno utjecati na zaposlenost ili plaće. S druge strane, smanjenje ulaganja nije uvijek štetno jer uvodi

[1] Ksenija Čulo: kculo@gfos.hr

racionalizaciju i koncentrira sredstva na bitne zahvate. Ono što mnogo više zabrinjava, jest niža razina ili opseg održavanja što može imati teške posljedice na učinkovitost gospodarstva.

Infrastruktura, sama po sebi, nije činitelj gospodarskog rasta. Da bi to bila, mora biti svrsishodna i učinkovita. Kako bi se to postiglo, Svjetska banka preporučuje [1] da se u uporabu infrastrukturnih objekata uvedu komercijalna načela na način da se utvrde jasni kriteriji razine usluga, proračun osnovan na prihodima i autonomija u upravljanju objektom i vođenju financija. Vlada se ne bi trebala miješati u upravljanje objektom, ali mora osigurati, kroz ugovorne obveze i naknadu troškova gdje je to nužno, da infrastruktura zadovljava društvene obaveze u pružanju javnih usluga.

2. PLANIRANJE RAZVOJA CESTOVNE INFRASTRUKTURE

Bez obzira na različita mišljenja o tome je li rast infrastrukture prethodi ili slijedi rast gospodarstva, infrastruktura se mora planirati. To je potrebno i zbog "političke težine" infrastrukture i bit će potrebno i u budućnosti, kad će privatni sektor imati mnogo veću ulogu u njezinom razvitku i korištenju nego što je ima danas. Općenito, pojam planiranja infrastrukture podrazumijeva stvaranje uvjeta za razvoj gospodarstva i zadovoljenje općih potreba, kao i brigu za pozitivne i negativne posljedice razvitka infrastrukture na gospodarstvo, dobrobit ljudskih zajednica, okoliš i društvo u cjelini.

Proces planiranja cestovne infrastrukture evoluirao je kroz povijest i može se promatrati kroz četiri povijesne faze [2]:

Faza 1: Kroz dugo razdoblje gradnje cestovne infrastrukture u povijesti to je bio uobičajeni način. Planiranje i donošenje odluka temeljili su se prvenstveno na zadovoljavanju potreba uz neophodne pravne, institucijske i političke intervencije. Osnovni činitelji koji su određivali plan bili su lokacija, funkcija i kapacitet.
Faza 2: U toj se fazi (uz činitelje navedene u Fazi 1) uključilo razmatranje ekonomskih koristi, osobito u usporedbi varijantnih projektnih rješenja.
Faza 3: U toj se fazi (uz faktore navedene u Fazi 2) uključilo razmatranje utjecaja na okoliš i društvo uzimajući u obzir utjecaj javnosti.
Faza 4: Uključeni su relativno „novi" ciljevi kao što su održivost, kvaliteta okoliša, neizvjesnost i analiza rizika (uz faktore navedene u Fazi 3).

Planiranje i uporaba cestovne infratsrukture, bez obzira na veličinu i svrhu, ima najčešće osam koraka [2]:

- Određivanje ciljeva: integracija ciljeva razvoja cestovne infrastrukture u šire ciljeve razvoja.
- Identifikacija problema i analiza: prikupljanje podataka, projekcije potražnje, korištenje zemljišta, identifikacija mogućnosti.
- Identifikacija mogućih opcija (strukturne i nestrukturne): preliminarna procjena utjecaja.
- Usporedba opcija: kriteriji i procedure za usporedbu, detaljna procjena utjecaja po opcijama.
- Preporuke: uključuje program provedbe i mogućnosti financiranja.
- Odluka: uključuje izvore i uvjete financiranja.
- Provedba: projektiranje, planiranje, nabava, gradnja.
- Uporaba: uključuje organizaciju koja upravlja uporabom.

Planiranje se zasniva na predviđanju tj. na prognozama. U slučaju cestovne infrastrukture progozira se promet. Prognozira se na više načina:

- ekstenzija povijesnih trendova;
- analiza utjecaja trendova;
- ekspertno mišljenje upotrebaom Delphi tehnika [4];
- prognoza rasta prometa povezana s rastom bruto domaćeg proizvoda (elastičnost);
- sofisticirane matematičke metode kao teorija igara;
- populacijske studije.

Proces planiranja zahtijeva obradu informacija koje su najvećim dijelom referiraju na prostor pa je u planiranju, a kasnije i u projektiranju, nezaobilazna upotreba GIS baza podataka. Prema Fisheru [5] GIS je „kompjuter-bazirani informacijski sistem kojem je svrha da prikuplja, pohrani, analizira i prikaže podatke u prostoru za rješavanje kompleksnih istraživačkih, planerskih i upravljačkih problema".

2.1. Studije

Općenito se može reći da donošenje odluke o gradnji nekog infrastrukturnog objekta uključuje:

- tehničku analizu,
- ekonomsko-financijsku analizu i
- "političke" elemente, što obuhvaća sve ostale neekonomske elemente koji se uzimaju u obzir pri donošenju odluke.

Budući da se "politički" elementi uzimaju u obzir bez neke formalne analize, izvedivost i podobnost projekta se općenito ocjenjuje na osnovi tehničkih i ekonomsko-financijskih analiza. U okviru studija izrađuju se analize koje mogu imati različite razine detaljnosti obrade i pouzdanosti podataka ovisno o fazi razvoja tj. o stupnju pripremljenosti projekta.

Za svaki cestovni infrastrukturni projekt mora se analizirati izvedivost projekta kroz izradu prethodne tehničke projektne dokumentacije i prethodne ekonomske i financijske studije. Studijama će se analizirati veličina, lokacija, tehničke alternative, zahtjevi zaštite okoliša, troškovi izgradnje i mogući prihodi. Pri izboru optimalne varijante, mogu se koristiti razne tehničke, socijalne, okolišne, ekonomske i financijske analize, no najčešće se koriste metode višekriterijane analize kao što su AHP, PROMETHEE ili Electra. Varijante se uspoređuju prema kriterijima kao što su [6]:

- Sposobnost davanja odgovora na potrebe.
- Tehnička izvodljivost i ograničenja.
- Utjecaj na okoliš.
- Neizvjesnost i rizičnost.
- Stupanj koristi.
- Troškovi.
- Mogućnost financiranja.
- Javno mišljenje.
- Politička podrška.
- Sposobnost zadovoljenja propisa.
- Suglasnost uprave koja izdaje dozvole.

Odluka o investiranju donosi se na temelju analize troškova i koristi odabrane optimalne varijante. [7] Nakon što je utvrđeno da su koristi projekta veće od utrošenih resursa, traže se mogućnosti financiranja projekta. Studijom izvedivosti (*feasibility study*) treba utvrditi [8]:

- osnovne karakteristike projekta;
- izvore i dostupnost resursa;
- lokaciju i karakteristike lokacije projekta;
- utjecaj na okoliš;
- tehnička rješenja;
- plan realizacije projekta;
- ekonomičnost projekta;
- financijsku izvodljivost projekta.

Studija daje osnovne elemente za pripremu natječajne dokumentacije za ustupanje projekta kao i za pregovore s mogućim sponzorima ukoliko se predviđa sudjelovanje privatnog kapitala. Bez takve studije vlada neće znati što treba tražiti ili što može očekivati od ponude mogućih sponzora niti kako daleko može ići u pregovorima u smislu vlastitog sudjelovanja u projektu.

Na osnovi studija koje radi ili naručuje vlada, donosi se odluka o načinu financiranja tj. Hoće li se objekt financirati nekim od tradicionalnih načina financiranja ili će se uključiti privatni sektor. Treba dobro odvagnuti sve prednosti i nedostatke jednog i drugog pristupa za što je potrebno znanje i iskustvo koje vladine agencije često nemaju. Zato vlade redovito uzimaju vanjske konzultante koji im pomažu u procjeni i donošenju odluke. Međunarodne financijske institucije i bilateralne agencije često su u toj fazi spremne pomoći vladama zemalja u tranziciji kroz financiranje troškova vanjskih konzultanata.

U slučaju da se odluči za tradicionalan način financiranja, vlada će sama, odnosno njena agencija, preuzeti izradu tehničke dokumentacije i dokumentacije za natječaj. Usvoji li se sudjelovanje privatnog sektora, daljnje studije izrađivat će privatni sponzori projekta.

2.2. Tradicionalno financiranje infrastrukture

Izgradnja infrastrukture tj. objekata javne namjene, oduvijek je bila financirana drugačije nego što su to bili objekti privatne namjene. To se posebno odnosi na izgradnju cestovne infrastrukture koja se prva počela razvijati. Ceste su u starom Rimu služile za vojne potrebe i ceste su gradili vojnici. Početak svih cesta bio je u Rimu jer se iz Rima kretalo u osvajanja. Kad je Rim vojno oslabio, promijenio se smjer kretanja. Sve su ceste vodile u Rim i njima su došli barbari. U Srednjem vijeku infrastrukturi se nije poklanjala velika pažnja. U devetnaestom i dvadesetom stoljeću država uglavnom preuzima na sebe odgovornost za gradnju i financiranje infrastrukture.

Svrha je infrastrukturnih projekata (za razliku od industrijskih i drugih projekata kojima je isključiv cilj povećanje vrijednosti uloženog kapitala), pomoći podizanje razine gospodarstva neke ljudske zajednice, regije ili cijele države; pružiti određene usluge ili ostvariti neku drugu opću svrhu. Sa stajališta države, svrha je opravdana ako je ukupna korist od gradnje infrastrukturnog objekta veća od uloženih resursa. Financiranje infrastrukture općenito se razlikuje od financiranja neke industrije ili trgovačkog poduzeća gdje se financira oprema ili nekretnine i gdje je ulaganje osigurano tržišnom vrijednošću opreme odnosno nekretnina. Infrastrukturni objekti nemaju neku odredivu tržišnu vrijednost i mogućnost je njihove prodaje ograničena. Zato, financiranje infrastrukture podrazumijeva drugačije rizike i traži bitno različite načine financiranja i osiguranja uloga.

Zbog navedenih posebnosti ulaganja u infrastrukturu kao i zbog velike važnosti i utjecaja infrastrukture na gospodarski rast i uvjete života pojedinaca i ljudskih zajednica, razumljiv je velik javni interes za razvitak i korištenje infrastrukture. Međutim, to teško može objasniti ili opravdati činjenicu da su država i javni sektor dominirali infrastrukturom u proteklim desetljećima. Iako je privatno sudjelovanje u razvitku infrastrukture bilo vrlo veliko u devetnaestome i početkom dvadesetoga stoljeća, sve do osamdesetih godina, infrastrukturu su gradile i njome upravljale gotovo isključivo vlade ili paradržavne agencije (često integrirane vertikalno u monolitne jedinice). Infrastruktura je bila isključivo javno vlasništvo i na državnoj i na lokalnoj razini. Razlozi tomu su: politički i gospodarski značaj te vjerovanje da infrastruktura nije dovoljno privlačna za privatni sektor i da slobodno tržište ne može regulirati gradnju i uporabu infrastrukture. Treba ipak naglasiti, da je pod uvjetima dominiranja javnog sektora postignut impresivan napredak razvitka infrastrukture.

Dominacija javnog sektora diktirala je i način financiranja cestovne infrastrukture. Vlade još i danas ulažu ili posreduju pri nalaženju investitora u približno 90% ukupnog ulaganja i nose gotovo cijeli rizik projekata. Zajmovi koje vlade uzimaju iz javnih ili privatnih izvora i sredstva iz proračuna prevladavajući su izvori financiranja. Velik dio zajmova je iz inozemnih izvora. Takav način financiranja umnogome ovisi o kreditnoj sposobnosti vlade. Bitna prednost takvog sustava financiranja jest u tome što su vlade u mnogim zemljama ili jedina ili kreditno najsposobnija organizacija i često mogu posuđivati uz povoljnije uvjete nego bilo tko drugi. Na taj se način uspijeva sagraditi cestovne infrastrukturne objekte, koji drugačije ne bi bili financijski isplativi.

U tradicionalnom modelu financiranja, vlada je ta koja određuje prioritete, pronalazi izvore financiranja iz proračuna ili zajmova, daje jamstva, snosi rizik ulaganja, ustupa i nadzire gradnju objekata, upravlja i održava objekte. Povrat ulaganja omogućuje se ili neposrednom naplatom od korisnika ceste ili putem poreznog sustava. U novije vrijeme pokazalo se, međutim, da takav pristup ima nedostataka zbog neracionalnih ulaganja i nemogućnosti da se financiranjem samo iz javnih izvora odgovori na povećanu potražnju za infrastrukturnim uslugama. Sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća rast infrastrukturnih usluga financiranih na tradicionalan način nije više mogao slijediti rast potražnje. Iako su okolnosti različite u pojedinim zemljama, zaokret prema većoj participaciji privatnog sektora potaknut je uglavnom nemogućnošću financiranja infrastrukture iz javnih izvora, ali i potrebom za boljim uslugama uz manje troškove.

Krajem devetnaestoga i početkom dvadesetoga stoljeća privatni su ulagači često gradili i vodili razne objekte infrastrukture u raznim zemljama svijeta. Gradnja i vođenje željezničkih pruga, elektrana i raznih drugih objekata bila je široko rasprostranjena praksa ne samo u Europi i u SAD nego i u mnogim zemljama Južne i Sjeverne Amerike, Australije, Azije i Afrike. Preko svojih ulaganja strani su se poduzetnici upuštali u gradnju i iskorištavanje infrastrukturnih objekata. Međutim, strana su ulaganja u ono vrijeme bila pod zaštitom velikih sila koje su često bile i kolonijalni gospodari odnosnih teritorija na kojima su se gradili takvi objekti. Većina tih privatno izgrađenih i privatno vođenih objekata infrastrukture bili su nakon drugoga svjetskog rata nacionalizirani i njihovo je vođenje povjereno organizacijama javne službe koju je obavljala država sama ili su to činila neka njena specijalizirana javna poduzeća u njenom potpunom vlasništvu.

2.3. Privatno financiranje infrastrukture

Privatni sektor financira infrastrukturu po koncepciji "projektnog financiranja". Glavna je karakteristika toga načina financiranja ta da se financijska konstrukcija oslanja na sam projekt i njegov dohodovni potencijal, a ne na kredibilitet investitora ili sponzora. Projekt financiran iz privatnog sektora ocjenjuje se isključivo prema vlastitim komercijalnim uvjetima i takav se projekt financira samo ako su prihodi na osnovi očekivane "potražnje" dovoljni kako bi opravdali ulaganje. Time se opravdanje projekta svodi na očekivane prihode naplative od korisnika, a ne na posredne koristi u širem kontekstu gospodarskog sustava i gospodarstva kao cjeline. To je suprotno kriterijima za vrednovanje projekta u javnom sektoru koji uključuju i ocjenu posrednih koristi. Pri ocjenjivanju posrednih koristi upotrebljava se analiza troškova i koristi (*cost-benefit*) [7] koja uz neposredne koristi uzima u obzir i koristi koje imaju i nekorisnici infrastrukturnog objekta već samim njegovim postojanjem, a koje se obično ne naplaćuju čak ni u kontekstu cjelokupnog gospodarstva. To može, na primjer, biti pristup do ranije nedostupnog zemljišta čime se povećava vrijednost tog zemljišta ili otvara mogućnost neke gospodarske aktivnosti. Iako je teorijski moguće vrednovati i naplatiti takvu korist od nove infrastrukture, u praksi je to vrlo teško izvodljivo pa posredni korisnik ostaje neidentificiran i ne sudjeluje u projektu. To stvara potrebu da se država u projektu pojavi kao surogat posrednog korisnika. Posredna korist, koju prema privatnom ulagaču zastupa država, također mora imati odgovarajuću cijenu tj. mora biti ocijenjena istim ekonomskim kriterijima kao i neposredna korist. Na taj način država, zapravo, postaje partner privatnom sektoru. Time se omogućuje zasnivanje odluka (obaju partnera - države i privatnog sektora) na zdravim ekonomskim računicama i, što je osobito važno, državi se daje mehanizam kojim može odrediti svoj interes u zajedničkom projektu. U tome je pravi smisao i potreba izrade analiza i studija u pripremi projekta od strane države uključujući analize troškova i koristi. Pri takvom partnerstvu, koriste se prednosti svakog od partnera.

Privatni sektor mora u financiranju cestovne infrastrukture naći svoj interes U suprotnom se neće izlagati rizicima koje donosi takvo financiranje. Privatni sektor, međutim, nije u mogućnosti birati za koji objekt u ukupnom razvojnom programu može podnijeti ponudu. Vlada je ta koja određuje koji će se objekt graditi uz sudjelovanje privatnog sektora, a koji na tradicionalan način. To su redovito objekti za koje vlada, iz određenih razloga, "nema drugog izlaza" nego se osloniti na privatni sektor. Zbog toga se još uvijek velik dio cestovne infrastrukture financira na tradicionalan način, a privatno financiranje javlja se od slučaja do slučaja.

Privatno financiranje infrastrukture poznato je pod kraticom BOT[2] [9]. Prema modelima projekata BOT, privatnom poduzeću - koncesionaru - daje se koncesija za građenje i eksploatiranje infrastrukturnih objekata kakve bi normalno gradila i njima upravljala država. Koncesionar je također odgovoran za financiranje i projektnu dokumentaciju objekta. Na kraju koncesijskog razdoblja, koncesionar predaje objekat državi. Duljina koncesijskog razdoblja određena je prije svega vremenom potrebnim za vraćanje duga koji je koncesionar preuzeo kako bi on dobio razumnu dobit na svoj ulog - za svoj rad i za rizik koji je preuzeo. Iz tih odrednica modela BOT proizlaze posebnosti financiranja BOT projekata.

Sponzori ne žele riskirati cjelokupna sredstva poduzeća zbog jednog projekta. Zato se pažljivo i objektivno ispituje financijska isplativost projekta jer se ulog i zajmovi mogu vratiti samo iz ostvarene naplate usluga ili proizvodnje tj. iz razlike priljeva i odljeva sredstava (*cash flow*). Osiguranje se pri tome nudi, prije svega, u osnovnim sredstvima projekta, a ne u ukupnim sredstvima ili bilanci sponzora projekta. S tom svrhom, sponzori projekta osnivaju posebno projektno društvo *(project company)* koje onda preuzima rizike projekta. Takav pristup ima dvije prednosti za sponzore:

1. Omogućuje sponzorima posuđivanje sredstava za financiranje projekta a da ne povećavaju svoje obveze iznad iznosa koji su uložili u projekt. U bilanci sponzora, obveza je samo iznos uložen u projekt (dionice u projektnom dioničkom društvu) i ništa više.
2. Zajmodavci na taj način preuzimaju veći dio rizika projekta jer daju zajam samo na osnovi sredstava projekta, bez punog jamstva sponzora.

Financiranje zasnovano na načelu da zajmodavac ne može naplatiti svoja potraživanja iz sredstava izvan projekta, tj financiranje "bez regresa" (*non-recourse* ili *without recourse*[3]), razvilo je u tu svrhu posebne tehnike poznate pod nazivom *project finance* [10] (za razliku od *corporate finance* ili *balance-sheet finance)*. Kod *project finance,* zajmodavac se osigurava samo iz *cash flow-a* i ukupnih sredstava projekta, dok se pri

[2] BOT (*Build, Operate, Transfer*) znači izgradi, koristi, vrati državi. Uz ovu kraticu primjenjuju se i brojne druge kao BOOT, BLT i sl. Model BOT redovito uključuje koncesiju.

[3] Izraz *without recourse* ili "bez regresa", dolazi iz anglo-američkog mjeničkog prava u kojemu trasant (izdatnik mjenice) može izdati mjenicu s oznakom *without recourse*. Takva oznaka otklanja odgovornost trasanta za isplatu.

corporate finance zajmodavac osigurava iz ukupnog *cash flow-a* i osnovnih sredstava poduzeća (sponzora). Ponekad se upotrebljava i izraz "strukturno financiranje" jer pristup zahtijeva određivanje financijske strukture projekta na način da se dobije *cash flow* projekta kakav je neophodan za servisiranje duga. Financijsko strukturiranje obuhvaća određivanje izvora i instrumenata financiranja u količinskoj i vremenskoj dimenziji. Primjena *project finance,* ovisi o sposobnosti sponzora da uvjeri investitore i zajmodavce, kroz odgovarajuće analize i ugovornu strukturu, kako će projekt biti u mogućnosti ostvariti odgovarajući prihod.

U praksi se vrlo rijetko nailazi na slučaj samostojećih projekata, odnosno *non-recourse financiranja*. Iako sponzori nastoje da financiranje projekta bude što je više moguće *non-recourse*, u praksi se redovito javlja financiranje s ograničenim regresom (*limited recourse*). Pri tome se sponzori projekta obvezuju na dodatnu financijsku podršku, osobito u najrizičnijim razdobljima, tj. u gradnji i na početku uporabe, na način da na primjer preuzmu rizik prekoračenja troškova gradnje ili da daju određena dodatna jamstva, kao na primjer hipoteke na zemljište, bankarska ili vladina jamstva, mjenice i sl. Moglo bi se smatrati da su *project finance* i *corporate finance* ustvari ekstremi kontinuuma mogućih načina financiranja, dok se razni oblici *limited recourse* financiranja nalaze između ta dva ekstrema.

Project finance kao način financiranja infrastrukture, ima i svoje nedostatke. Najveći nedostatak su povećani troškovi projekta zbog sljedećih okolnosti:

- U slučaju *corporate finance* zajmodavci se oslanjaju na opću kreditnu sposobnost (*creditworthiness*) kompanije ili javnog poduzeća. Informacije o tome su dostupne bilo kroz tržište dionica bilo od firmi koje daje ocjenu kreditne sposobnosti. U slučaju *project finance* takve informacije nisu dostupne, jer se projektno društvo tek osniva, a kreditna sposobnost projekta se može tek procjeniti. Zbog povećane rizičnosti, veći su troškovi i zajmova i uloga.
- Realizacija *project finance* uključuje dugotrajne i skupe pregovore i brojne pažljivo strukturirane ugovore što sve nije potrebno u slučaju *corporate finance*.

Project finance tehnike se neprekidno razvijaju i, budući da različiti projekti imaju različite rizike, financijsko tržište pronalazi nove, sve složenije “pakete” za financiranje bilo koje vrste infrastrukture. *Project finance* tehnike se primjenjuju jednako na industrijske kao i na infrastrukturne projekte. BOT financiranje su zapravo specijalizirane tehnike *project finance* primijenjene na infrastrukturne projekte gdje se, za razliku od financiranja industrijskih objekata, zajmodavac ne osigurava (ili to radi u manjoj mjeri) iz fizičkih (osnovnih) sredstava projekta nego samo iz *cash flow-a* i ugovorne strukture. To je zato jer zajmodavci nisu zainteresirani za fizička sredstva infrastrukturnog projekta. Ta sredstva imaju vrijednost samo na mjestu na kojem jesu, a nepraktično i skupo je demontiranje i postavljanje negdje drugdje. BOT financiranje je, prema tome, zapravo ugovorno financiranje koje se zasniva na prihodu projekta.

Bitne karakteristike BOT financiranja jesu [11]:

- Financiranje jedinstvenog i jednokratnog pothvata koje se zasniva na prihodima.
- Pothvat uključuje nekoliko međusobno zavisnih ugovora s trećim osobama kao što su izvođači, dobavljači, korisnici objekta i vladine organizacije.
- Povrat zajmova se osigurava iz *cash flow-a* projekta na način određen ugovornim odredbama (ovisno o prognoziranoj potražnji), a ne iz osnovnih sredstava projekta. To znači da je za zajmodavce puno važnija točnost prognoze potražnje i ispunjenje ugovornih odredbi nego kreditna sposobnost sponzora BOT projekta.

2.4. Uloga međunarodnih financijskih institucija

Međunarodnim financijskim institucijama nazivamo multilateralne organizacije za financiranje razvoja koje su nastale na osnovi sporazuma u Bretton Woodu 1944., kao što su Svjetska banka[4] i Međunarodni monetarni fond, odnosno regionalne financijske institucije koje su osnovane kasnije ali na istim principima, kao što su Evropska banka za obnovu i razvoj, Interamerička banka, Azijska banka, itd. Te institucije imaju svoje države članice, savjet koji upravlja bankom i koga biraju članice i vrlo stroga pravila ponašanja. Za razliku od komercijalnih banaka čija je svrha poslovanja stvaranje profita, međunarodne financijske institucije služe prvenstveno razvoju. Financiraju se samo projekti koji su ekonomski opravdani jer samo takvi projekti služe razvoju. To je bitna razlika od komercijalnog financiranja gdje je osnovni kriterij financijska isplativost.

[4] Svjetska banka (*World Bank*) je zajednički naziv za nekoliko institucija: Međunarodna banka za obnovu i razvoj, Međunarodna razvojna agencija, Međunarodna financijska korporacija, Međunarodna agencija za garancije u investicijama i Međunarodna arbitraža za sporove u investicijskim ugovorima.

Zajmovi međunarodnih financijskih institucija su obično na dulji rok nego što mogu dati komercijalne banke, s duljom odgodom otplate i znatno nižim kamatama.

Svjetska banka, zapravo njen najvažniji dio - Međunarodna banka za obnovu i razvoj - najveći je pojedinačni financijer infrastrukturnih projekata u zemljama u razvoju. Treba ovdje napomenuti da Međunarodna banka za obnovu i razvoj daje kredite isključivo javnom sektoru uz državna jamstva. S druge strane, Međunarodna financijska korporacija financira isključivo privatni sektor [12]. Svjetska banka za financiranje razvojnih projekata koristi sredstva koja dobiva uplatama, odnosno članarinom zemalja članica (188 država) kao i zaduživanjem na tržištu kapitala. Budući da Svjetska banka ima kreditni *rating* AAA (tzv. triple A), ona uspjeva dobivati zajmove pod izuzetno povoljnim uvjetima pa ih onda pod povoljnim uvjetima može davati zemljama u razvoju. Tako visok *rating* Svjetska banka zahvaljuje pažljivoj ekonomskoj i financijskoj analizi i procjeni projekata koje financira ili za koje daje garanciju. Zahvaljujući takvom pristupu, još se nikada nije dogodilo da bi garancija Svjetske banke bila pozvana na naplatu.

Svjetska banka proučava ekonomsku isplativost projekata koje će financirati, ali ih ne bira niti ih predlaže sama. To se radi u dogovoru s vladom preko ministarstva koje je zaduženo za suradnju sa Svjetskom bankom. U većini zemalja članica to je ministarstvo financija. Rezultat dogovora je program koji obuhvaća razdoblje od tri do pet godina i sadrži projekte i financiranje koje se očekuju od Svjetske banke. Taj program je samo okviran jer u tijeku njegove provedbe vlada može predložiti neke druge projekte koje smatra prioritetnim ili odustati od nekih projekata iz programa.

Osim zajmova, važna je i podrška Svjetske banke u poticanju sudjelovanja privatnog sektora u financiranju infrastrukturnih projekata kroz modele BOT. Podrška Svjetske banke vladama u BOT projektima ima nekoliko prednosti [13]:

* Svjetska banka je nezavisna treća strana u dobrom financijskom stanju tako da zajmodavci mogu naplatiti svoja potraživanja bez obzira na financijsko stanje vlade.
* Sudjelovanje Svjetske banke može smanjiti političke rizike projekta.
* Jamstva koja daje Svjetska banka omogućuju vladi oslobađanje od nekih rizika kakvi postoje u projektima koji se financiraju na tradicionalan način tj. zajmovima. U tradicionalnom načinu, vlada je obvezna vratiti zajam i u slučaju neuspjeha projekta. U slučaju jamstava, banka plaća samo u slučaju nastupa određenih rizičnih događaja. Na taj način vlada zapravo otklanja sa sebe neke komercijlne rizike i tim rizicima izlaže privatne investitore.
* Jamstva Svjetske banke omogućuju projektu dobivanje zajmova pod povoljnijim uvjetima nego što bi to bilo moguće bez takvih jamstava.
* Jamstva Svjetske banke su redovito jeftinija od jamstava kakva mogu dati privatna osiguravajuća društva ili banke. Takve treće strane često zahtijevaju otvaranje *escrow account* ili stvaranje nekog drugog skupog financijskog mehanizma. U slučaju jamstava Svjetske banke to se ne traži.

Jamstva Svjetske banke ne treba, međutim, smatrati općim lijekom protiv rizika. Jamstva su nedjelotvoran instrument ukoliko je pojava rizika izvjesna. Osim toga, mogućnost pribavljanja jamstva Svjetske banke može ohrabriti investitore kako bi tražili znatno šire pokriće nego što bi inače tražili.

Međunarodna financijska korporacija (IFC) ima puno značajniju ulogu u poticanju i pružanju podrške privatnom sektoru pri razvoju infrastrukture [12]. IFC je najveći pojedinačni izvor financiranja BOT projekata u zemljama u razvoju. IFC sudjeluje u BOT projektima kroz davanje zajmova, ulogom u dionice projektnih društava, putem drugih financijskih instrumenata i savjetodavnim uslugama.

2.5. Financiranje infrastrukturnih projekata u zemljama u tranziciji

Financiranje infrastrukturnih projekata u zemljama u tranziciji ima nekoliko karakteristika:

- Odlučivanje je centralizirano i jedinice lokalne samouprave imaju vrlo ograničene mogućnosti financiranja projekata u svom djelokrugu.
- Planiranje gotovo da i ne postoji.
- Sudjelovanje privatnog sektora je relativno skromog obujma. Postupci dodjele koncesija privatnim sponzorima su netransparentni.
- Odluke o izgradnji su uglavnom politički, a ne ekonomski motivirane.

Planiranje razvoja (a posebno razvoja infrastrukture, je gotovo potpuno zanemareno. Nepostojanje planiranja razvoja je rezultat krive percepcije da je planiranje nešto što pripada socijalističkom, centraliziranom sustavu. Očekivalo se da će slobodno tržište samo po sebi, bez utjecaja i intervencija

države, određivati smjer i tempo razvoja. To se u mnogim zemljama u tranziciji nije dogodilo i takav pogrešan pristup prouzročio je teške ekonomske a naročito socijalne posljedice.

U novije vrijeme se shvatilo da se razvoj cestovne infrastrukture ne može se više financirati samo iz proračuna i zaduživanjem države. Potrebno je zainteresirati privatni sektor i privući privatna sredstva. Često se, međutim, radi o krivom pristupu. Država bi trebala financirati neisplative ceste, a isplative ceste dati privatnom sektoru. Ako se financiranje cesta na kojima nema dovoljno prometa nudi privatnom sektoru, tražit će se prilično sudjelovanje državnog proračuna. Na kraju se događa ono što država zapravo nije htjela, tj. da se državnim proračunom dobrim dijelom financiraju ceste, koje je država kroz koncesiju dala privatnom sektoru. Razlika je samo u tome, što se kroz državni proračun na taj način financira i dobit privatnog sponzora. U slučaju da privatni sektor financira i gradi cestu koja ima dovoljno prometa, troškove i dobit sponzora plaćaju korisnici ceste.

Da bi se privremeno riješili problemi uzimaju se kratkoročni zajmovi, tzv. poznati kao „mostno financiranje“. Time se problemi ustvari povećavaju, a osim toga loša je politika uzimati kratkoročne zajmove za infrastrukturne projekte, jer takvi projekti vraćaju uloženi kapital kroz dugi niz godina. Kratkoročne zajmove treba koristiti za razvoj industrije, a ne infrastrukture.

Odluke o izgradnji cestovne infrastrukture donose se najčešće na osnovi političkih elemenata i to ne samo u pogledu lokacije ili namjene objekta nego i u pogledu njegova kapaciteta. Odluke o pravcima i kapacitetu prometnica nisu temeljene na studijama i analizama, niti na prognozi prometa. Nema nikakvog opravdanja praksa u kojoj se u korist trenutačnih političkih ili nekih drugih ciljeva država nepotrebno dugoročno opterećuje.

3. ZAKLJUČAK

Cestovna infrastruktura mora biti svrsishodna i učinkovita. Kako bi se to postiglo, za svaki cestovni infrastrukturni projekt mora se analizirati izvedivost projekta kroz izradu prethodne tehničke projektne dokumentacije i prethodne ekonomske i financijske studije. Studijama se analizira veličina, lokacija, tehničke alternative, zahtjevi zaštite okoliša, troškovi izgradnje i potencijalni prihodi. Pri izboru optimalne varijante mogu se koristiti razne tehničke, socijalne, okolišne, ekonomske i financijske analize, no najčešće se koriste metode višekriterijalne analize.

Odluku o investiranju treba donijeti se na temelju analize troškova i koristi odabrane optimalne varijante. Nakon što je utvrđeno da su koristi projekta veće od utrošenih resursa, traže se mogućnosti financiranja projekta i donosi se odluka o načinu financiranja, tj. da li će se objekt financirati nekim od tradicionalnih načina financiranja ili će se uključiti privatni sektor. Treba dobro odvagnuti sve prednosti i nedostatke jednog i drugog pristupa, za što je potrebno znanje i iskustvo koje vladine agencije često nemaju.

Privatni sektor financira infrastrukturu po koncepciji “projektnog financiranja”. Glavna je karakteristika toga načina financiranja ta da se financijska konstrukcija oslanja na sam projekt i njegov dohodovni potencijal, a ne na kredibilitet investitora ili sponzora. Projekt financiran iz privatnog sektora ocjenjuje se isključivo prema vlastitim komercijalnim uvjetima i takav se projekt se financira samo ako su prihodi na osnovi očekivane “potražnje” dovoljni da opravdaju ulaganje. Zbog toga bi država trebala financirati neisplative ceste, a isplative ceste dati privatnom sektoru.

Literatura

[1] *World Development Report 1994 - Infrastructure for Development*, World Bank and Oxford University Press, Washington, D.C., 260 p.
[2] Goodman, A.S.; Hastak, M. 2006. *Infrastructure Planning Handbook*, McGraw-Hill, Inc. USA. 350 p.
[3] Summers, R; Heston, A. 1991. *The Penn World Table*, Quarterly Journal of Economic, May 1991.
[4] Hilier, F.S.; Lieberman, G.J. 1995. Introduction to Operations Research, McGraw Hill, New York
[5] Fisher, M.M.; Nijkamo, P. 1993. Geographic Information Systems, Spatial Modelling and Policy Evaluation, Springer-Verlag, Berlin adn New York.
[6] Marriot, B.B. 1997. Environmental Impact Analysis, McGrw Hill, New York

[7] Layard, R. 1972. *Cost-Benefit Analysis,* Penguin Books, Harmondsworth,
[8] *Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies*, United Nations, New York, 1978
[9] *Guidelines for Infrastructure Development through Build-Operate-Transfer (BOT) Projects* 1996. UNIDO, Vienna,
[10] *Project Finance Yearbook 1991/92*, Euromoney Books, London, 1991. str. 12
[11] Vukmir,B.,Skendrović,V. 1999. *Koncesije i ugovaranje BOT projekata*, Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb
[12] *Financing Private Infrastructure*, 1996. IFC Lessons of Experience Series No.4, World Bank, Washington
[13] Kessides, C. 1993. *Institutional Options for Provision of Infrastructure,* World Bank Discussion Papers, No.212, World Bank, Washington,

Одрживи развој и заштита животне средине

Sustainable Development and Environmental Protection

PRAĆENJE KVALITETA VODE I TLA TOKOM IZGRADNJE AUTOPUTA NA KORIDORU Vc, DEONICA ZVIROVIĆI- BIJAČA

Doc. dr Igor Jokanović, dipl.građ.inž.[1]
Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica
Sanda Zorić, dipl.inž.sig.
Zagrebinspekt d.o.o. Mostar
Sandro Zovko, dipl.inž.el.
Zagrebinspekt d.o.o. Mostar

Rezime: *Izbegavanje negativnih uticaja prilikom bilo koje vrste radova na putnoj mreži (izgradnja, održavanje, rekonstrukcija/rehabilitacija) bi trebalo da bude prioritet investitora, a stvaran rezultat zavisi od lokacije i veličine projekta i sa njim povezanih aktivnosti. Praćenje stanja pojedinih parametara kvaliteta životne sredine predstavlja ekvivalent kontroli kvaliteta radova (nulto stanje=prethodna ispitivanja, periodična merenja=tekuća kontrola kvaliteta). Definicija specifičnih aktivnosti radi praćenja uticaja i stanja životne sredine je predmet razrade u okviru plana monitoringa ili plana praćenja stanja. Poznato je da u današnje vreme izvođači ugovaraju radove po veoma niskim cenama, te na sve moguće načine pokušavaju da izbegnu praćenje stanja životne sredine. Takođe, u želji da što pre počnu sa realizacijom radova, „zaborave" na potrebu utvrđivanja nultog stanja koje je veoma bitno za kasnije praćenje realizacije usklađenosti sa zahtevima, odnosno definisanje da li je izvođač prouzrokovao eventualnu štetu ili je zagađenje već postojalo pre izvođenja radova. U ovom radu akcenat će biti stavljen na iskustva u pripremi i realizaciji plana upravljanja zaštitom životne sredine, odnosno jednog od njegovih elemenata, plana praćenja stanja, i to u delu koji se odnosi na kvalitet vode i tla, za projekat izgradnje autoputa na koridoru Vc u južnom delu Bosne i Hercegovine.*

Ključne reči: *izgradnja, plan upravljanja zaštitom, praćenje stanja, kvalitet vode, kvalitet tla*

1. UVOD

Deonica Zvirovići-Bijača, dužine nešto više od 10 km, se nalazi na završnom, južnom delu prolaska Pan-evropskog koridora Vc kroz Bosnu i Hercegovinu, i to na samoj granici sa Republikom Hrvatskom. Radovi na izgradnji autoputa su podeljeni na dva skoro podjednaka ugovora koja su potpisana sa različitim izvođačima. Prvi ugovor koji obuhvata završnih 5 km autoputa je počeo sa realizacijom u poslednjem kvartalu 2011. godine, a do leta 2013. godine je okončana glavnina radova (osim završnog sloja kolovozne konstrukcije, saobraćajne signalizacije i objekata za naplatu putarine). Ostatak radova je počeo polovinom 2012. godine i predviđa se da će isti biti okončani do kraja 2014. godine. Usluge stručnog nadzora tokom izvođenja radova pruža preduzeće Roughton International iz Velike Britanije.

Plan upravljanja zaštitom životne sredine je jedan od najvažnijih rezultata procesa procene uticaja na životnu sredinu (bilo da se radi o detaljnoj proceni uticaja ili samo o preliminarnom pregledu) i predstavlja sintezu svih predloženih mera ublažavanja i/ili eliminacije uticaja i aktivnosti monitoringa, postavljenih u određen dinamički plan sa definisanim obavezama i odgovornostima. Po pravilu se sastoji od informacija dobijenih u prethodnim koracima analize i definisan je kao grupa zadataka koji se mogu i moraju realizovati od strane investitora, izvođača i ostalih nadležnih institucija, i to za faze izgradnje i eksploatacije.

Deo plana je i program praćenja stanja životne sredine, odnosno plan monitoringa tokom izvršenja radova. Plan monitoringa se praktično oslanja na predložene mere ublažavanja/otklanjanja negativnih uticaja i u velikoj meri je nadležnost konsultanta, odnosno preduzeća koje je odabrano za nadzor nad izvršenjem radova na terenu, s tim da se za sama ispitivanja pojedinih parametara najčešće zadužuje izvođač radova, kao što je to slučaj sa dokazivanjem kvaliteta materijala za izgradnju i gotovog proizvoda, odnosno dela putne konstrukcije.

Postojeća praksa kod novogradnje, od koje se nije odstupilo ni u ovom slučaju, ukazuje na činjenicu da se tehnička dokumentacija, pa samim tim i procena uticaja na životnu sredinu, priprema za duže poteze novih deonica, a da se ugovori za radove sklapaju na manjim odsecima (npr. potezi od 50-80 km se najčešće dele na 4-6 odseka koji mogu biti različitih karakteristika), kako bi se pružila šansa za dobijanje posla domaćim izvođačima. Prvenstveni zadatak izvođača nakon dodele posla je prilagođavanje plana upravljanja zaštitom iz prethodne faze konkretnim karakteristikama deonice za koju je potpisao ugovor. Pri tome je neophodno da se uloži određen napor za pregled procene uticaja, zahteva iz ekološke dozvole i obilazak terena, uz eventualno utvrđivanje pojedinih detalja koji nisu razmotreni ranije. Dakle, priprema se specifičan plan upravljanja prilagođen konkretnoj deonici, sa svim detaljima koji odlikuju taj predeo.

[1] Autor zadužen za korespodenciju: jokanovici@gf.uns.ac.rs

2. ZAHTEVI MONITORINGA

Monitoring životne sredine tokom izgradnje deonice Zvirovići-Bijača na autoputnom koridoru Vc se obavlja na osnovu zahteva iz ekološke dozvole izdate od strane Federalnog ministarstva okoliša i turizma [2], te obaveza predviđenih procenom uticaja na životnu sredinu [1].

Problem na koji su izvođači u ovom slučaju naišli je neusklađenost zahteva koji su postavljeni u proceni uticaja, planu upravljanja iz ponudbene dokumentacije i zahteva iz ekološke dozvole. U tom slučaju, izvođači najčešće pribegavaju jednostavnijoj varijanti za njih, bez obzira u kom dokumentu je izneta. Međutim, mora se imati u vidu da ekološka dozvola, kao regulatorni dokument, uvek ima prvenstvo nad ostalim dokumentima, te je to minimum koji se mora ispuniti. Osim toga, dodatni otežavajući momenat je predstavljala činjenica da ugovorna dokumenta eksplicitno nisu odredila obavezu pripreme ovog plana i izvršenje monitoringa. Uz izuzetan napor stručnog nadzora i iskazanu sopstvenu težnju ka poštovanju „najbolje prakse“ u vezi sa zaštitom životne sredine, izvođači na poddeonici Zvirovići-Bijača su ipak pripremili kvalitetne planove upravljanja zaštitom životne sredine, te pristupili njihovoj primeni.

Monitoring je obuhvatio utvrđivanje nultog stanja životne sredine (pre početka izvođenja radova) i monitoring tokom faze građenja na površinskim vodama i tlu. Na predmetnoj deonici nisu identifikovana izvorišta, bunari i sl, tako da nije predviđeno praćenje kvaliteta podzemnih voda. Na svakom profilu je, nakon uzimanja uzoraka vode ili tla, predviđeno analiziranje pokazatelja karakterističnih za uticaje koji se mogu pojaviti tokom izgradnje saobraćajnica.

Osim monitoringa, od strane izvođača je angažovano pravno lice za primenu plana upravljanja zaštitom životne sredine, te je na dnevnoj bazi vršeno nadziranje radova sa aspekta zaštite. Takođe, sve deponije i postrojenja za proizvodnju materijala (fabrike betona, asfaltne baze) su imale vodne saglasnosti i ekološke dozvole, čime su kritični polazni elementi rešeni još u ranoj fazi radova.

3. MONITORING KVALITETA VODA

Zahtevi u pogledu izvršioca uzorkovanja su uključivali da analize može izvršiti isključivo laboratorija ovlašćena od strane Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, prema Uredbi o opasnim i štetnim tvarima u vodama (Službene novine FBiH, br. 43/07) [8] i Uredbi o klasifikaciji voda i obalnog mora Jugoslavije u granicama SR Bosne i Hercegovine (Službeni list SR BiH, br. 19/80) [6].

Mesta uzorkovanja su određena u skladu sa planiranim aktivnostima na predmetnom gradilištu, odnosno mestima gde je najveća verovatnoća potencijalnog zagađenja. Na mernim profilima prikazanim u tabeli 1. su izvršena uzorkovanja (slike 1-3), te na uzorcima provedene analize parametara prema prethodno navedenim uredbama.



Slika 1. *Uzorkovanje vode na km 13+272, nizvodno*
Izvor: *zapisnici uzorkovanja [5]*

Tabela 1. *Mesta uzorkovanja površinskih voda*

stacionaža	vodotok	mesto uzorkovanja	bliži toponim
km 13+272	reka Studenčica	uzvodno 100 m i nizvodno 100 m od planiranog mosta preko reke Studenčice	most Studenčica
km 15+272	reka Trebižat	uzvodno 100 m i nizvodno 100 m od planiranog mosta preko reke Trebižat	most Trebižat
km 16+100	reka Trebižat	uzvodno 100 m i nizvodno 100 m kod vodopada Kravice	vodopad Kravice
km 16+200	reka Trebižat		

Izvor: *planovi upravljanja zaštitom životne sredine [3, 4]*



Slika 2. *Uzorkovanje vode na km 16+200, nizvodno*
Izvor: *zapisnici uzorkovanja [5]*



Slika 3. *Merenje elektroprovodljivosti za uzorak vode na km 13+272, nizvodno*
Izvor: *zapisnici uzorkovanja [5]*

3.1. Metode analize parametara površinske vode

Za analizu uzoraka površinske vode su korišćene standardne metode prikazane u tabeli 2.

Tabela 2. *Parametri i metode analize površinskih voda*

pokazatelj	opis metode	metoda ispitivanja
temperatura (°C)	živin termometar	
elektroprovodljivost (µS/cm)	elektrometrija	ISO 7888
pH vrednost	elektrometrija	ISO 10523
KPK (mgO_3/l)	titrimetrija	ISO 6060
BPK_5 (mgO_2/l)	elektrometrija	ISO 5815-1; ISO 5815-2
mutnoća vode (NTU)	elektrometrija	ISO 7027
ukupne rastvorene materije	gravimetrija	ISO 11923
hloridi (mg/l)	titrimetrija	ISO 9297
sulfati	spektrofotometrija	4500-SO42-(E)
kadmijum (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 8288
bakar (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 8288
hrom (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 9174
cink (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 8288
nikl (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 8288
olovo (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 8288
gvožđe (µg/l)	spektrofotometrija	ISO 6332
mangan (µg/l)	spektrofotometrija	ISO 6333
živa (µg/l)	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 17852
amonijak (µg/l)	spektrofotometrija	ISO 7150-1; ISO 5664
nitriti (µg/l)	spektrofotometrija	EN 26777
nitrati (µg/l)	spektrofotometrija	ISO 7890-3
ukupne masnoće	gravimetrija	ISO 11349

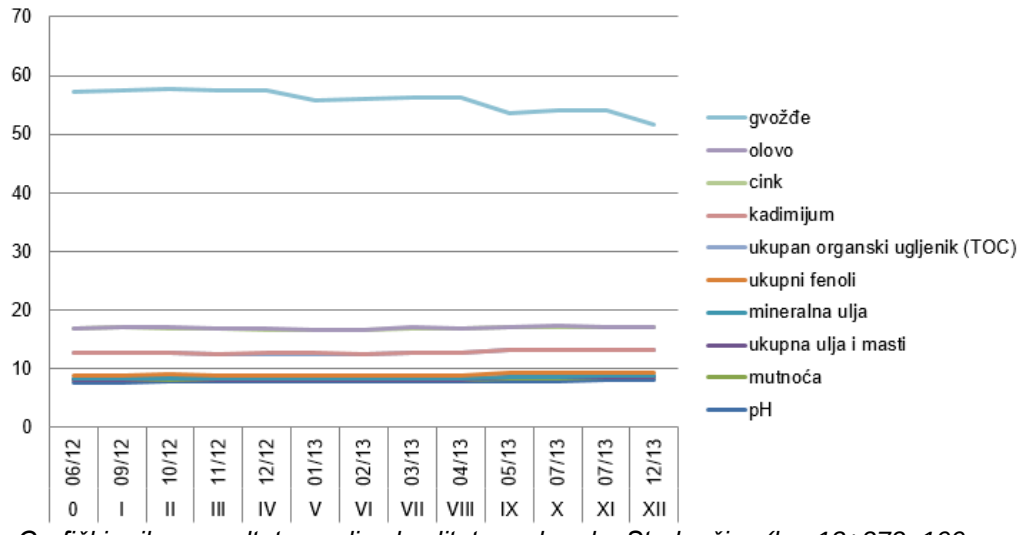
Izvor: *planovi upravljanja zaštitom životne sredine [3, 4]*

3.2. Rezultati analize kvaliteta površinske vode

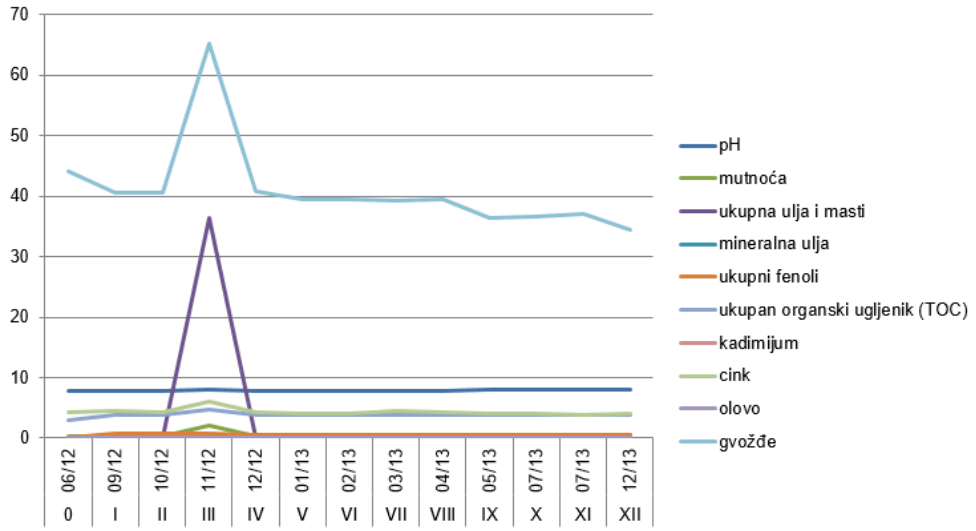
Pre samog početka radova je obavljeno nulto uzorkovanje vode na predviđenim lokacijama te postavljen referentni nivo radi kasnijeg upoređenja stanja, odnosno utvrđivanja da li radovi na izgradnji nepovoljno utiču na kvalitet vode.

Prema originalnom planu monitoringa, analiza površinskih voda se obavljala jednom mesečno. Trend rezultata po pojedinim parametrima je prikazan na slikama 4-9. Rezultati analize jasno ukazuju da su vrednosti parametara u skladu sa propisanim nivoima prema odgovarajućoj regulativi [6, 8], te se po kvalitetu mogu svrstati u površinske vode kvaliteta I-II. Ističe se da su pojedini razultati čak i povoljniji nego u nultom stanju.

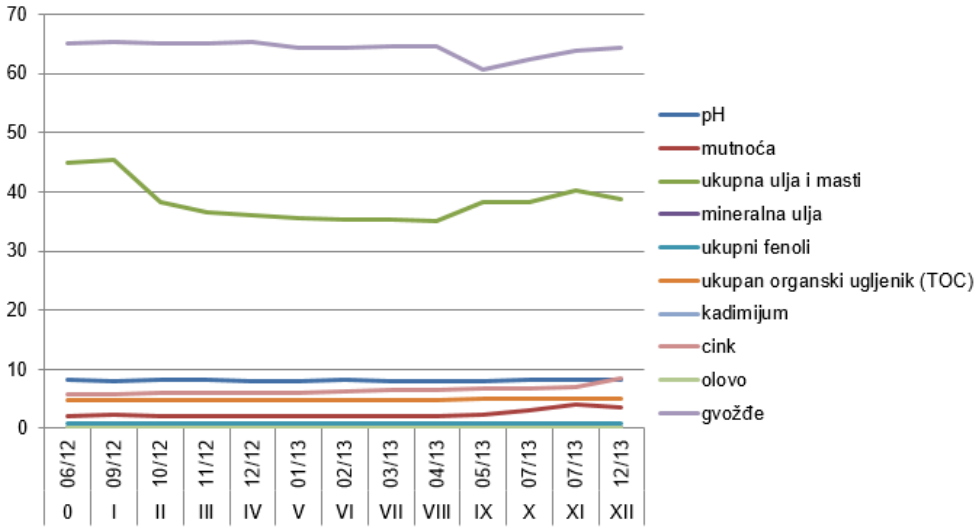
Na grafičkim prikazima (slike 4-7) je jasno vidljivo da je za period praćenja stanja (jun 2012-decembar 2013) na rekama Studenčica i Trebižat kvalitet vode bio ujednačen, i nije bilo većih oscilacija. Istovremeno, rezultati ispitivanja tokom izvođenja radova u maloj meri odstupaju od nultog merenja.



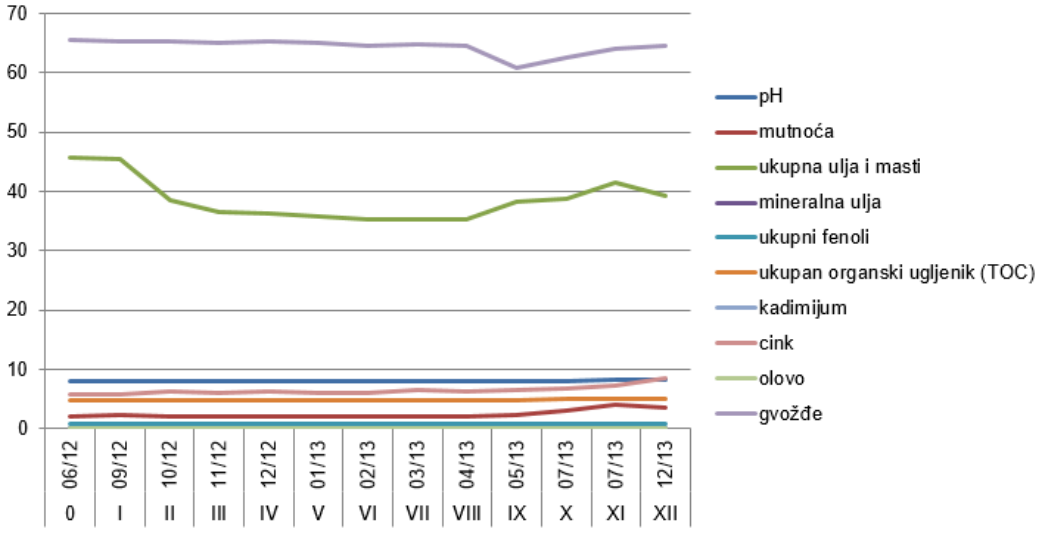
Slika 4. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta vode reke Studenčice (km 13+272, 100 m uzvodno)*



Slika 5. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta vode reke Studenčice (km 13+272, 100 m nizvodno)*



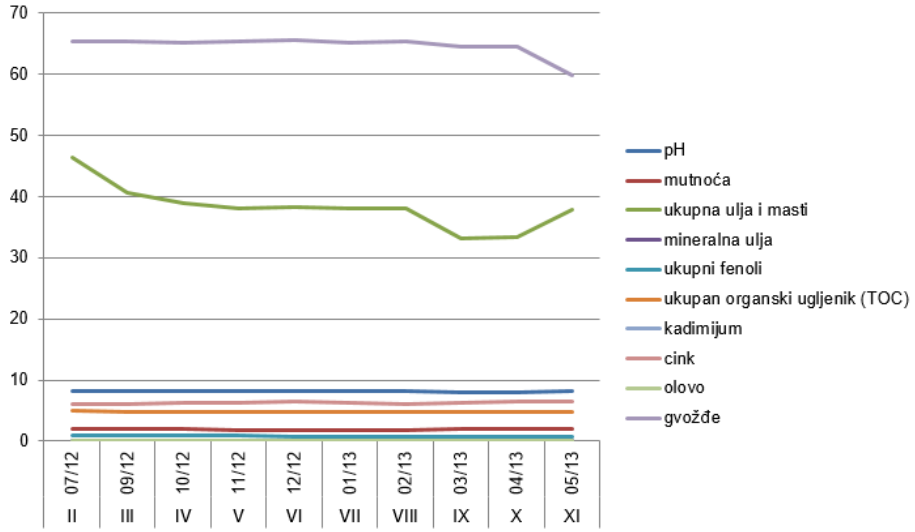
Slika 6. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta vode reke Trebižat (km 15+272, 100 m uzvodno)*



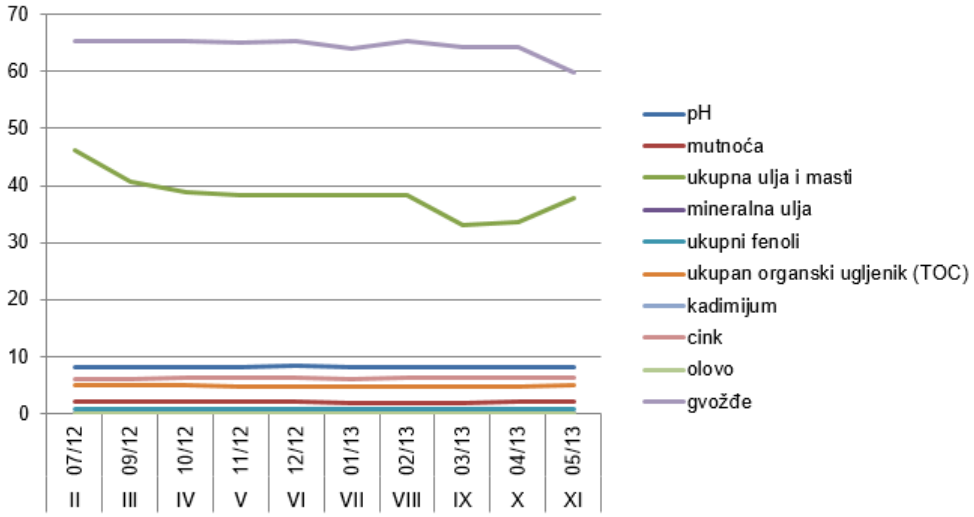
Slika 7. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta vode reke Trebižat (km 15+272, 100 m nizvodno)*

Izuzetak predstavljaju rezultati iz novembra 2012. godine gde je registrovana povećana vrednost u prvom redu za ukupne masnoće i gvožđe, te cink, ukupan organski ugljenik i mutnoću vode. Povećane vrednosti su se pojavile nakon velikih padavina i izlivanja reke Studenčice, uz plavljenje postrojenja fabrike betona. Važno

je istaći da i pored povećane vrednosti određenih parametara, isti nisu prelazili dopuštene nivoe, kao i da reka Studenčica u odnosu na reku Trebižat ima znatno niži vodostaj i protok, što je u određenoj meri dodatno uticalo na povećane vrednosti parametara.



Slika 8. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta vode reke Trebižat neposredno uz vodopad Kravice (km 16+100, 100 m uzvodno)*



Slika 9. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta vode reke Trebižat neposredno uz vodopad Kravice (km 16+100, 100 m nizvodno)*

Na slikama 8. i 9. za vodopad Kravice je vidljiv ujednačen trend, osim u hidrološki obimnijim mesecima gde se vrednosti pojedinih parametara smanjuju usled znatnog povećanja protoka reke Trebižat. Bitno je istaći da je okruženje vodopada Kravice značajno turističko središte sa velikim brojem posetilaca, posebno u toku letnjih meseci kada dnevni nivo posete može biti i oko 500 kupača.

Budući da je na osnovu mesečnih merenja u periodu jun 2012-decembar 2013. vidljiv ujednačen trend, izvođaču je odobren zahtev za smanjenjem količine uzorkovanja površinskih voda reka Studenčica i Trebižat. Ažuriranim planom monitoringa je predviđeno uzorkovanje četiri puta godišnje, i to po dva puta za hidrološke minimume i maksimume (januar, april, august, novembar).

4. MONITORING KVALITETA TLA

Monitoring kvaliteta tla se obavlja prema Uputstvu o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja (Službene novine FBiH, br. 11/99) [7]. Broj uzoraka je jasno utvrđen ekološkom dozvolom u količini od 27 uzoraka u toku jedne godine, dok su mesta uzorkovanja inicijalno ravnomerno raspoređena duž čitave trase, i posledično korigovana u skladu sa karakteristikama

terena i uslovima pristupačnosti (tabela 3). Naime, pojedinim originalno utvrđenim pozicijama nije bilo moguće pristupiti, dok je na pojedinim lokacijama utvrđen samo stenski materijal bez prisustva zemljanog materijala, tako da su prilikom nultog uzorkovanja obavljene izmene. Uzorkovanje tla se obavlja na udaljenosti od 50 m u odnosu na osovinu autoputa, pri čemu se za svaku lokaciju uzima kompozitni uzorak na dubini 0-20 cm (slike 10-12). Uzorkovanje se obavlja u dva vremenska preseka u toku godine.

Tabela 3. *Mesta uzorkovanja tla*

stacionaža	**bliži toponim**
11+000	početak poddeonice
11+400	u blizini čvorišta Međugorje
11+800	u blizini stočnog prolaza Bituljani
12+200	-
12+600	-
12+972	u blizini mosta Studenčica
13+400	-
13+800	-
14+210	u blizini vijadukta Pavlović
14+660	prilazni put Bijela Vlaka
15+000	most Trebižat
15+400	most Trebižat
15+800	pre nadvožnjaka Podine
16+300	nakon nadvožnjaka Podine
16+600	nakon odmorišta Kravice
17+000	nadvožnjak Dol
17+040	nadvožnjak Dol
18+080	-
19+120	pre naplatnih kućica
20+160	nakon naplatnih kućica
21+200	granični prelaz Bijača
21+255	granični prelaz Bijača

Izvor: *planovi upravljanja zaštitom životne sredine [3, 4]*



Slika 10. *Nulto uzorkovanje tla*
Izvor: *zapisnici uzorkovanja [5]*



Slika 11. *Kompozitni uzorci tla za nulto ispitivanje u laboratoriji*
Izvor: *zapisnici uzorkovanja [5]*



Slika 12. *Lokacija uzorkovanja tla na km 16+000*
Izvor: *zapisnici uzorkovanja [5]*

4.1. Metode analize parametara tla

Za analizu uzoraka tla su korišćene standardne metode prikazane u tabeli 4.

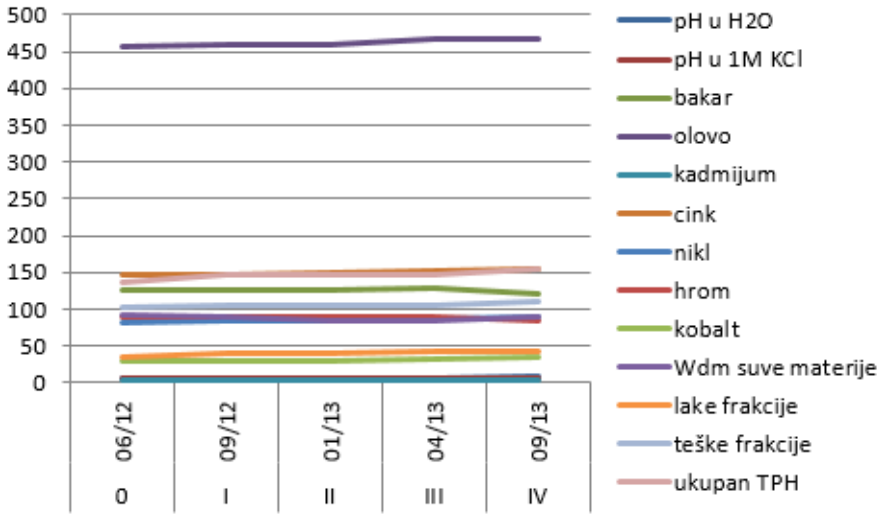
Tabela 4. *Parametri i metode analize tla*

pokazatelj	opis metode	metoda ispitivanja
pH vrednost	elektrometrija	ISO 10390
teški metali	atomska apsorpciona spektrofotometrija	ISO 11466; ISO 11047
TPH	hromatografija	EPA 8015 B

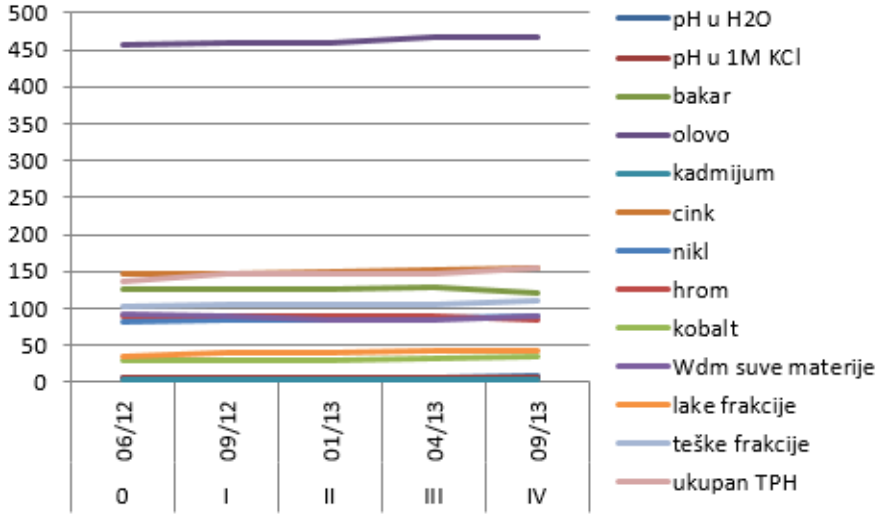
Izvor: *planovi upravljanja zaštitom životne sredine [3, 4]*

4.2. Rezultati analize kvaliteta tla

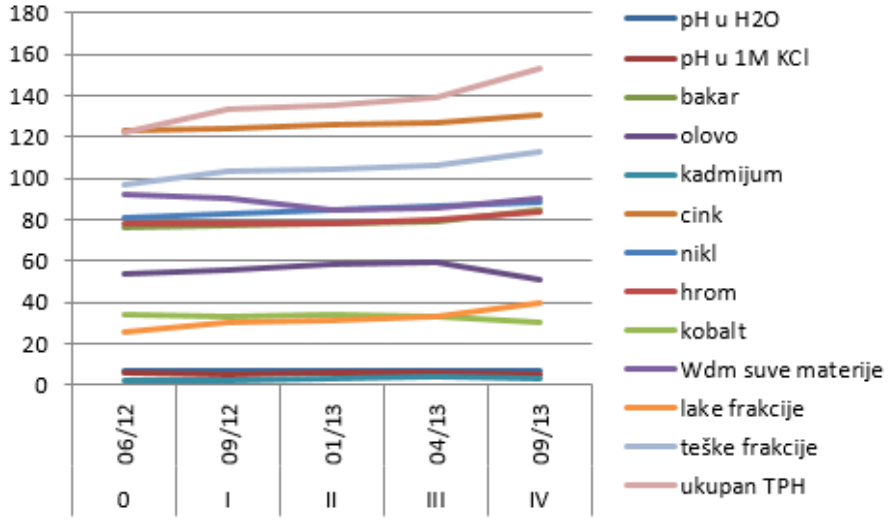
Na slikama 13-18. su prikazani rezultati ispitivanja kvaliteta tla na nekoliko odabranih preseka duž trase.



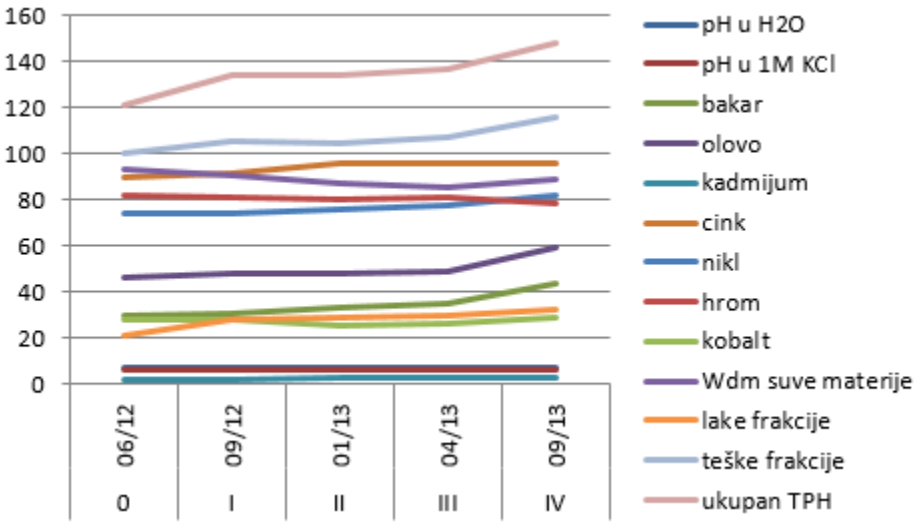
Slika 13. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta tla na km 11+000*



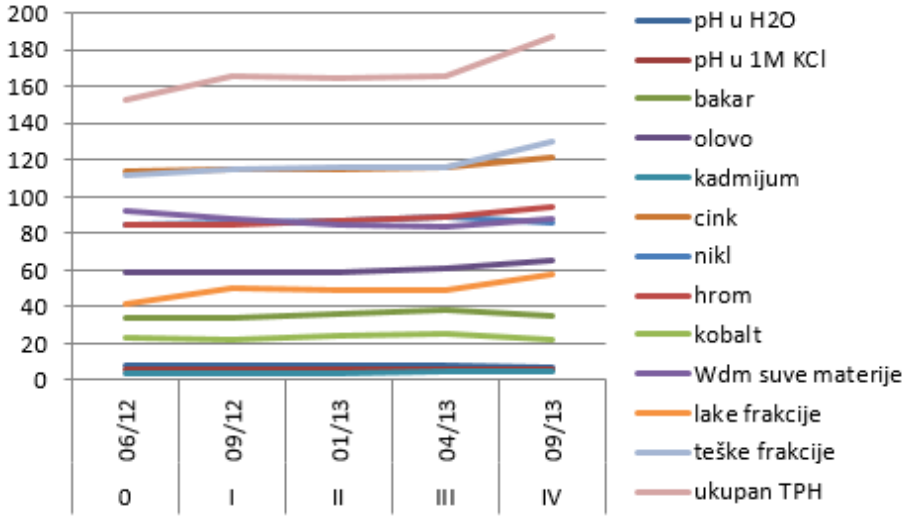
Slika 14. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta tla na km 11+400*



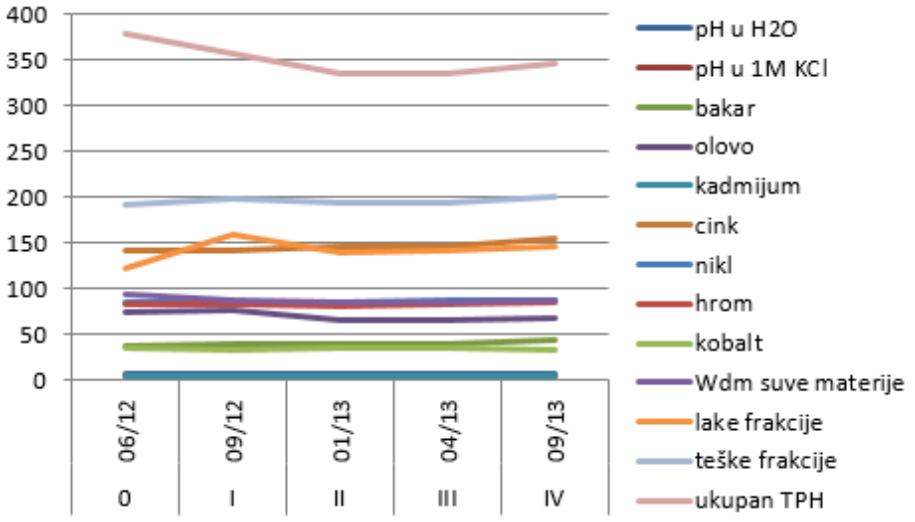
Slika 15. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta tla na km 12+000*



Slika 16. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta tla na km 12+600*



Slika 17. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta tla na km 14+750*



Slika 18. *Grafički prikaz rezultata analize kvaliteta tla na km 16+000*

Kao i u slučaju kvaliteta vode, vrednosti parametara su uglavnom ujednačene i ne odstupaju u većoj meri od rezultata za nulta ispitivanja. U regulativi Bosne i Hercegovine su propisane granične vrednosti za tla koja se koriste za poljoprivrednu proizvodnju [9]. Kriterijumi zagađenja tla za industrijska područja u Bosni i

Hercegovini ne postoje, te su stoga upoređenja vršena u odnosu na granične vrednosti drugih zemalja (Nemačka, Estonija, SAD-Oklahoma, Slovenija). Laboratorijska analiza ukazuje na alkalnu reakciju ispitivanih uzoraka tla. Koncentracija teških metala uglavnom premašuje granice, definisane lokalnom regulativom, za poljoprivredno zemljište, dok je u graničnim vrednostima za industrijska područja (preuzeta iz strane regulative). Kako ispitivani uzorci tla ukazuju na alkalnu reakciju, može se zaključiti da su teški metali u tlu u inertnoj formi. Sadržaj mineralnih ulja u svim uzorcima je u okviru dozvoljenih granica.

3. ZAKLJUČAK

Prilikom izvođenja radova izgradnje svi radovi su skoncentrisani uglavnom u relativno užoj radnoj zoni, koja je nešto šira od putnog pojasa, tako da su uticaji ograničeni u smislu prostorne raspodele i vremenskog trajanja. Međutim, imajući u vidu vrstu i količinu radova, neophodno je provoditi praćenje stanja, odnosno monitoring pojedinih parametara kvaliteta životne sredine. Procena uticaja, te na osnovu nje i ekološka dozvola, treba da utvrde koji su to parametri, kao i samu količinu i frekvenciju uzorkovanja, tako da izvođač i stručni nadzor jednostavno primene definisane aktivnosti.

Najveći problem nastaje kada upravo ova dva pomenuta dokumenta ostanu „nema“ u vezi sa obavezama monitoringa, iako je to obavezno po regulatornim osnovama, ili čak prikazuju kontradiktorne zahteve.

U radu su prikazane osnovne postavke monitoringa životne sredine tokom izgradnje autoputa, kao i odgovarajući rezultati. Imajući u vidu opisane okolnosti u vezi sa dokumentacijom koja je spremljena pre dodele ugovora za izvođenje radova, kao i večitu težnju bilo kog izvođača da sa što manjim ulaganjima i što većim profitom okonča bilo koji posao, može se zaključiti da je monitoring kvaliteta vode i tla tokom radova izgradnje autoputa na deonici Zvirovići-Bijača ipak proveden sa dužnom pažnjom, a da je preduzeće zaduženo za pripremu plana upravljanja zaštitom životne sredine i provođenje istog (uključujući i monitoring) steklo nemerljivo iskustvo u ovom poslu. Uz kontinualno prisustvo pomenutog preduzeća praktično je osigurano dnevno praćenje radova sa aspekta zaštite životne sredine. Takođe, ističe se i pravovremena reakcija u slučaju uočavanja neusklađenosti sa planom upravljanja, neretko i ne čekajući intervenciju, odnosno nalog stručnog nadzora.

Literatura

[1] Institut IGH d.d. (2010). *Glavni projekat Autoput na koridoru Vc, dionica Počitelj-Bijača, Procjena utjecaja na okolinu.* Zagreb. Hrvatska. 260 s.

[2] (2010). *Okolinska dozvola za projekat Autocesta u koridoru Vc, dionica LOT4 Mostar sjever-južna granica, poddionica Bijača-Zvirovići, dužine 10,225 km*. Federalno ministarstvo okoliša i turizma. Sarajevo. Bosna i Hercegovina.

[3] (2011). *Plan upravljanja zaštitom životne sredine, dionica Počitelj-Bijača, poddionica Kravice-Bijača, od km 16+000 do km 21+255*. Euro-asfalt d.o.o. Sarajevo/GP ŽGP d.d. Sarajevo/Hidrogradnja d.d. Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

[4] (2012). *Plan upravljanja zaštitom životne sredine, dionica Počitelj-Bijača, poddionica Zvirovići-Kravice, od km 11+000 do km 16+000*. OHL ŽS D.S. Brno, Češka Republika/Niskogradnja d.o.o. Laktaši, Bosna i Hercegovina.

[5] (2011-2014) Zapisnici uzorkovanja i izveštaji o ispitivanjima kvaliteta vode i tla za poddionice Kravice-Bijača i Zvirovići-Bijača.

[6] (1980). *Uredba o klasifikaciji voda i obalnog mora Jugoslavije u granicama SR Bosne i Hercegovine*. Službeni list SR BiH. br. 19.

[7] (1999). *Uputstvo o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja*. Službene novine FBiH. br. 11.

[8] (2007). *Uredba o opasnim i štetnim tvarima u vodama*. Službene novine FBiH. br. 43.

[9] (2009). *Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja*. Službene novine FBiH. br. 72.

PLANOVI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI ZA GRADOVE DUBROVNIK I KOTOR

Tomaž Blaž, u.d.i.grad.
LUZ d.d., Verovškova 64,1000 Ljubljana,Slovenija, tomaz.blaz@luz.si

Rezime: *U okviru evropskog projekta Adria.MOVE IT!, izradili smo saobraćajne studije i planove održive urbane mobilnosti za gradove Dubrovnik i Kotor. Naša namera je izložiti metodu pripreme Planova održive mobilnosti i naše iskustvo na konkretnim projektima. Hteli bi i predstaviti tehnička rešenja infrastrukture i organizaciju saobraćaja, koji se u spomenutim gradovima nastoji uspostaviti na osnovi Planova održive urbane mobilnosti. Specifičnost saobraćajnih problema u spomenutim gradovima jeste veliki pritisak turista sa kruzera na staru gradsku jezgru i zbog toga zagušenje ostalog saobraćaja. Rešenje tih problema predlaže se izgradnjom pešačkog tunela sa pokretnom trakom, promenom organizacije javnog autobuskog prevoza, razvojem javnog gradskog prevoza morem, promenom saobraćajnog režima na nekim ulicama, izvođenjem tački parkiranja i prelaženje na druge oblike saobraćaja, rekonstrukcijom dela infrastrukture kako bi se dalo više mesta pešacima, biciklistima i javnom saobraćaju. Uz to predviđaju se i drugi, meki pristupi, kao što su različite organizacione mere i promocija upotrebe održivih oblika saobraćaja.*

Ključne reči*: saobraćajna studija, plan održive urbane mobilnosti, Dubrovnik, Kotor, zagušenje saobraćaja, pešački tunel s pokretnom trakom, održive oblike saobraćaja.*

1. OSNOVE PROJEKTA

Europski projekt **Potpora održivim oblicima mobilnosti u primorskim gradovima, akronim projekta Adria.MOVE IT!,** priprema se za promociju održive mobilnosti, koja omogućava poboljšanje kvalitete života u Jadranskoj regiji i veću učinkovitosti i sigurnosti saobraćaja. Ovaj opšti cilj je u skladu s IPA programom jadranske prekogranične suradnje, prioritet br.3 "Dostupnost i saobraćajne mreže" i operativni cilj br..3.2. "Sistemi održive mobilnosti". Održivi urbani transportni sistemi podržavaju slobodu kretanja, poboljšavaju život ugroženih grupa i osiguravaju kvalitetu života sadašnjih i budućih generacija. Projektom posebno je naglašeno zajedničko planiranje učinkovitih i zdravih transportnih rešenja, koja će povećati kvalitetu života i socio-ekonomsku koheziju područja i dati primer ostalim jadranskim gradovima. U okviru projekta Adria.MOVE IT! su, pored ostalih, izvedeni projekti, o kojima ide reč:

Saobraćajna studija i plan održive mobilnosti za grad Dubrovnik
Saobraćajna studija i plan održive mobilnosti za opštinu Kotor

Projekte je izradila grupa izvođača:

LUZ d.d., (Ljubljana, Slovenija)
Tomaž Blaž, u.d.i.grad., Janja Solomun, u.d.i.arh., Klemen Milovanović, u.d.i.grad.
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet saobraćajnih znanosti, (Zagreb, Hrvatska)
Dr. Ivan Dadić, mag. Marko Šoštarić
Universita IUAV di Venezia, (Venecija, Italija)
Dr. Marco Mazzarino
Ipsum d.o.o., (Domžale, Slovenija)
Ivo Kejžar, u.d.i.biol.

Projekti su izvedni u 2013. godini za 8 meseci.

2. METODA RADA

Rad na projektu sastoji se s jedne strane iz klasičnog analitskog i planerskog dela te sa druge strane iz komunikacionog dela. Analitsko planerski deo čini 7 zadataka (radnih faza). Između njih treba pripremiti fazne izveštaje naručitelju i obaviti komunikaciju sa stručnom i drugom javnošću putem javnih radionica i predstavljanja. Ovaj poslednji deo od posebne je važnosti, jer Plan na kraju mora doživeti konsenz i biti usvojen lokalnim vlastima.

1	**Analiza transportnih sistema i dokumentacije**
	POČETNI IZVEŠTAJ
2	**Analiza ciljnih grupa u saobraćaju**
	Ispitivanja, radionica s ciljnim grupama
	1. IZVEŠTAJ
3	**Modeliranje transportnog sistema i razvoj transportnih scenarija**
3.1	**Modeliranje transportnog sistema**
	2. IZVEŠTAJ
3.2	**Razoj transportnih scenarija**
4	**Studija izvodljivosti (cost – benefit) za odabrani transportni model**
5	**Studija uticaja na okoliš za odabrani transportni model**
	Javna radionica
	3. IZVEŠTAJ
6	**Plan za održivu mobilnost**
7	**Nacrt monitoringa za POM**
	Radna verzija KONAČNOG IZVEŠTAJA
	KONAČNI IZVEŠTAJ
	Javno predstavljanje

Tabela 1 *Radne faze pripreme Saobraćajne studije i Plana održive mobilnosti*

3. SAOBRAĆAJNA STUDIJA I PLAN ODRŽIVE MOBILNOSTI ZA GRAD DUBROVNIK

3.1 Postojeće stanje saobraćaja i glavni problemi

Urbano naselje Dubrovnik s više od 40.000 stanovnika nalazi se na najjužnijem delu Hrvatske te je administrativno i privredno središte Dubrovačko – Neretvanske županije. Dubrovnik je najvažniji turistički centar u široj regiji, pogotovo zbog glavne atrakcije – starog grada, koji je uključen u UNESCO-ov popis svetske baštine.

Osnovni problemi saobraćaja u gradu su:

- Preopterećenost središta grada motornim vozilima;
- Vođenje motornog saobraćaja u neposrednu blizinu središta;
- Problem povezivanja Luke u Gružu i Pila, odnosno ulaska u starogradsku jezgru;
- Nedovoljan udio korištenja javnog prijevoza u ukupnoj raspodjeli putovanja;
- Neiskorištenost pomorskog saobraćaja u javnom gradskom prijevozu;
- Nedostatak organiziranog sistema parkiranja na obodu grada i veza od takvih parkirališta prema središtu grada i ostalim točkama interesa;
- Opšti nedostatak korištenja održivih oblika saobraćaja.

Kao specifika ovog grada i odjednom najveći saobraćajni problem jest dolazak velikog broja brodova za krstarenje i transport više hiljada turista dnevno iz luke Gruž do Starog grada. Posledica toga je zagušenje svih vrsta saobraćaja u vršnim satima u centru grada.



Slika 1 *Najveći brodovi za krstarenje u Dubrovniku*

3.2 Predlozi rešavanja situacije

U okviru projekta dat je dinamički plan izvođenja predloženih mera, kako bi se postiglo bolje funkcionisanje saobraćajnih sistema, unapredili održivi oblici saobraćaja te smanjili štetni uticaji na okolinu.

	Mera	**Trajanje**
1.	**Regulacija i organizacija saobraćajnih tokova**	
1.1	Usmerenje ulica na području gradskog središta	2014 - 2015
1.2	Dodatne mere organizacije saobraćajnih tokova na gradskim ulicama.	2014 - 2017
1.3	Promena reda plovidbe brodova za krstarenje	2014 – 2015
2.	**Javni drumski prevoz putnika**	
2.1	Optimizacija postojećeg stanja	2014 – 2015
3.	**Pešački saobraćaj**	
3.1	Izgradnja tunela između luke Gruž i Pila	2015 – 2020
3.2	Izgradnja dizala za pešake	2014 – 2015
3.3	Uvođenje sistema pokretnih stepenica	2016 – 2020
4.	**Infrastrukturne mere na postojećim saobraćajnicama**	
4.1	Obnova raskrsnice Obala S. Radića – Ulica N. Tesle – Vukovarska ul.	2014 – 2017
4.2	Uređenje saobraćajne infrastrukture kod mosta dr. Franje Tuđmana	2018 – 2021
5.	**Sistem parkiranja**	
5.1	Izgradnja parkirališne garaže	2015 – 2016
5.2	Uređenje uputne signalizacije za usmeravanje vozila prema parkirališnim površinama	2015 – 2016
5.3	Izgradnja javne parkirališne dvorane na prostoru Gruža	2017 – 2018
6.	**Biciklistički saobraćaj**	
6.1	Uvođenje sistema javnih elektro bicikala	2016 – 2019
7.	**Pomorski saobraćaj**	
7.1	Lokalni prevoz morem u pravcu luka Gruž- Stari grad	2016 – 2017
7.2	Lokalni prevoz morem na području Rijeke dubrovačke	2018 – 2019
8.	**Ostale mere**	
8.1	Definiranje uvjeta kod izrade prostornih planova i projekta	2014 – 2023
8.2	Mere stimulacije korištenja ekoloških motornih vozila	2014 – 2023
8.3	Mere stimulacije eko vožnje osobnim motornim vozilima	2014 – 2023
8.4	Mere popularizacije održivog saobraćaja	2014 – 2023

Tabela 2 *Dinamički plan realizacije*

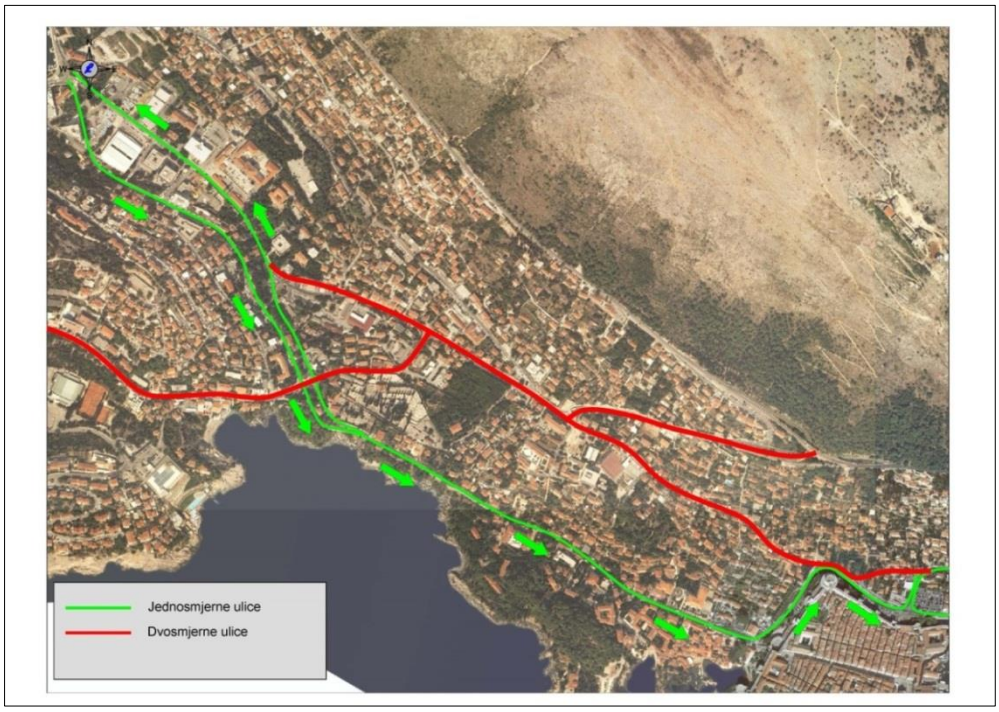
Između predloženih mera predstaviti ćemo najznačajnije:

Usmerenje ulica na području gradskog središta

Uvođenje promena u regulaciji i organizaciji saobraćajnih tokova na području gradskog središta mogu značajno povećati propusnu moć i razinu usluge na gradskoj saobraćajnoj mreži. Kao prvo kratkoročno rešenje predlaže se uvođenja sistema ulica u jednom pravcu:

- Dr. Ante Starčevića – Brsalje – Iza grada; usmerenje od zapada prema istoku;
- Vukovarska – usmerenje prema zapadu.

Zagrebačka ulica mora postati potpuno dvosmerna ulice i tako preuređena u svom istočnom delu. Predložene promene može se provesti bez većih građevinskih radova. Potrebna je promena horizontalne i vertikalne signalizacije , zajedno s manjim građevinskim zahvatima na raskrsnicama in nekim deloovima puteva.
Ulica branitelja Dubrovnika zatvorena je za tranzitne tokove. Uspostavi se vožnja samo u pravcu zapad-istok, za autobuse i osobna vozila lokalnog stanovništva. Na ulici se povećava važnost pešačkog saobraćaja, prošire se trotoari.



Slika 2 *Šema predloženog usmerenja ulica u centru grada*

Javni drumski prevoz putnika

Nakon uvođenja novog sistema jednosmernih ulica zapadno od stare gradske jezgre moguće je optimizirati javni prievoz putnika između Gruža i Pila. Sistem je moguće optimizirati da se uvede kružna autobuska linija Gruž – Ulica dr. A. Starčevića – Iza grada – Zagrebačka – V. Nazora – Vukovarska. Za kretanje navedene autobuske linije potrebno je osigurati rezervirane saobraćajne trake (žute linije) na svim delovima gde je to moguće.

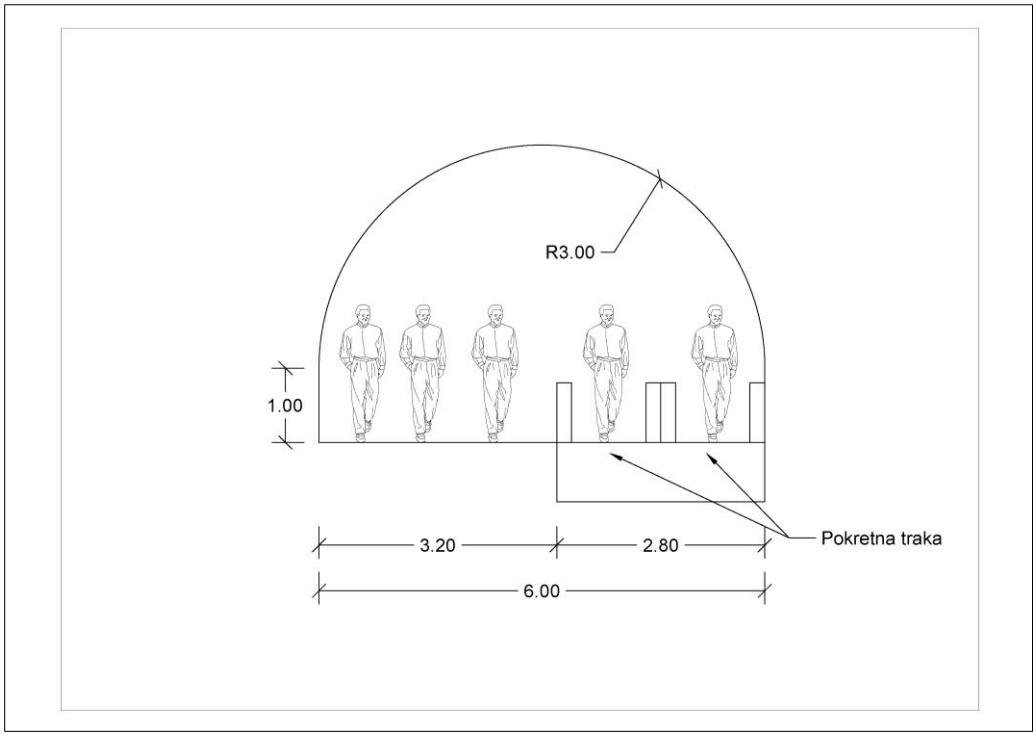
Izgradnja tunela između luke Gruž i Pila

Veza između Gruža i Pila jedan od najvećih saobraćajnih problema grada Dubrovnika. Razlog tome je velik broj turista sa kruzera koji posećuju Dubrovnik. U vršnom danu broj turista s kruzera iznosi i preko 8.000 putnika, ocenjuje se da se oko 80% turista odluči iskrcati u Dubrovniku radi posete starom gradu. Dakle preko 6.000 ljudi potrebno je na neki način prevesti do luke Gruž do Pila.
Kao saobraćajna veza između luke Gruž i Pila predlaže se izgradnja pešačkog tunela dužine oko 1.700 metara. Tunel bi neposredno povezivao prostor luke s glavnim ulazom u Stari grad.

Na taj način bi se veliki broj putnika s kruzera mogao jednostavno i brzo transferirati do ulaza u Stari grad bez konflikata s ostalim oblicima saobraćaja. Osim turistima, tunel bi bio i od velike koristi građanima Dubrovnika.



Slika 3 *Idejno rešenje pešačkog tunela – trasa*



Slika 4 *Okvirni predlog poprečnog profila pešačkog tunela*

Ulazi/izlazi u tunel predviđeni su na četiri lokacije, dva glavna ulaza u Gružu i na Pilama te dva sporedna ulaza. Također, rešenje ulaza u tunel predviđeno je klasičnim i pokretnim

stepenicamate liftovima, a podzemne dvorane unutar tunele iskoristile bi se za razne turističke sadržaje poput restorana, kafića, suvenirnica, turističkih agencija i slično. Tim sadržajem potrebno je postići atraktivnost podzemnog prostora. Prostor tunela mogao bi na neki način biti i muzej grada Dubrovnika. Budući da se radi o dužini tunela od 1.700 m, u tunelu se predlaže instalacija horizontalnih pokretnih traka (kakve se koriste u modernim aerodromima). Na taj način bi korisnici tunela koji to žele, mogli tunel propešačiti, a ostali za prolazak tunelom koristili bi pokretne trake.

Izgradnja parkirališne garaže

Izgradnja parkirališne garaže u severozapadnom kvadrantu raskrsnice Zagrebačke ulice i ulice Iza grada predlaže se u sklopu promene usmerenja ulica Iza grada – Frana Supila; usmerenje od zapada prema istoku. Na taj način bi se formirao novi istočni ulaz u grad za motorizirani saobraćaj te rasteretile postojeće saobraćajnice koje su najvećim dielom prekapacitirane. Na ovaj način eliminisali bi se ulasci vozila u uže gradsko središte čime bi se stvorio prostor za pešake i bicikliste. Predloženu parkirališnu garažu moguće je uklopiti u park&ride sistem.

Promjena reda plovidbe brodova za krstarenje

Najveći pritisak turista na Stari grad javlja se u određenim vršnim danima, kada najveći broj brodova za krstarenje dolaze u luku Dubrovnik istovremeno. Budući da je ocenjena kapaciteta posetioca, koje može primiti Stari grad oko 7000 lica dnevno, kritična situacija pojavljuje se u letnim mesecima, vikendom (subota , nedelja).

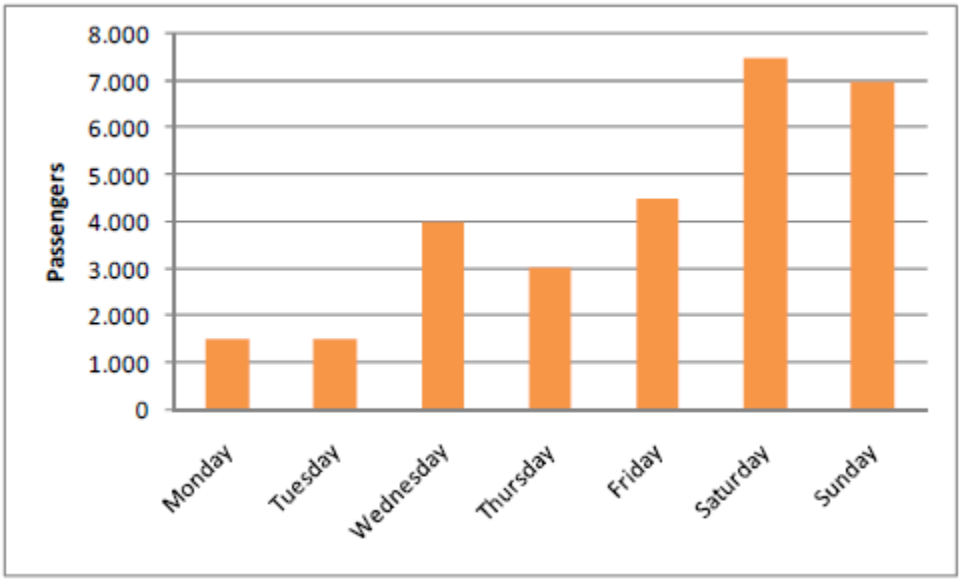


Tabela 3 *Putnici sa brodova za krstarenje u najopterećenoj nedelji u augustu*

Izmenu reda plovidbe brodova za krstarenje treba provesti unutar nedeljnog perioda. Međutim , takav predlog ima i svoja ograničenja, budući da su svi dolasci brodova vezani na ciklus usluge u matičnoj luci. Promena reda plovidbe utiče i na promenu troškova. Pri tome treba odrediti troškove luke i prevoznika, kako se menjaju tokom nedelje. Na kraju, promena dolazaka odnosi se na malo brodova. Treba pomeriti samo jedan ili dva broda iz jednog dana u drugi dan u nedelji i time se bitno poboljša pristupačnost Starog grada. O promeni troškova luke odnosno troškova rešavanja zagušenja grada treba razgovarati samo sa firmama, koje posluju sa brodovima kapacitete preko 2000 putnika.

Lokalni prevoz morem u pravcu luka Gruž- Stari grad (prevoz turista sa brodova za krstarenje)

Pretpostavljamo novu uslugu lokalnog pomorskog saobraćaja, koja bi bila konkurentna kopnenom prevozu (autobus) u pogledu vremena putovanja i troškova. Za redoviti javni saobraćaj morem, predlažemo da se upotrebi brzo plovilo (hidroavion, katamaran) tipa sličnog na slici :



Slika 5 *Katamaran kapacitete do 300 putnika*

Koristeći takvu vrstu broda, koji ima brzinu od 26 čvorova i odjednom može prevesti 300 putnika, nautičku udaljenost od trajektne luke Gruž do Starog grada moguće je preći za 11-15'. To je daleko brže od pešaka (oko 35-45'), pa i od kopnenog prevoza. Za tarifu prevoza ocenjujemo 1 €/km. Pomorski saobraćaj bi preuzeo 2000 putnika dnevno sa brodova za krstarenje u vršnim danima. Za to su potrebna 4 plovila navedenog tipa.

4. SAOBRAĆAJNA STUDIJA I PLAN ODRŽIVE MOBILNOSTI ZA OPŠTINU KOTOR

4.1 Postojeće stanje saobraćaja i glavni problemi

Opština Kotor nalazi se u Crnoj Gori, u Bokokotorskom zalivu koji zauzima specifičan položaj u Jadranskom moru i predstavlja najrazuđeniji deo jugoistočnog dela Dinarskog primorja. Sastavljen je iz četiri manja zaliva, koji se međusobno nadovezuju.Na jugoistočnom kraju Kotorskog zaliva, gdje je more 29,6 km ušlo u kopno, smešten je grad Kotor, koji je sedište opštine, kulturni, obrazovni, naučni, zdravstveni, privredni i sportski centar. Posebnu vrednost na teritoriji opštine Kotor čine prirodne karakteristike izražene na području Kotorsko-Risanskog zaliva koji se nalazi na UNESCO-voj listi svetske baštine. Ogroman broj izletnika koji posete grad i povećan broj velikih kruzera (brodova za krstarenje) potvrđuju, da Kotor, zbog svoje izuzetne prirodne i kulturne lepote, ima posebno mesto u turizmu.

Osnovni problemi saobraćaja u gradu su:

- Preopterećenost Luke i grada brodovima za krstarenje i pešacima;
- Problem povezivanja Luke i starog grada za pešake;
- Preopterećenost grada motornim vozilima;
- Vođenje motornog saobraćaja u neposrednu blizinu istorijske jezgre;
- Nedovoljno korištenja javnog prevoza u ukupnoj raspodeli putovanja;
- Neiskorištenost pomorskog saobraćaja u javnom gradskom prevozu;
- Nedostatak organiziranog sistema parkiranja na obodu grada;
- Opšti nedostatak korištenja održivih oblika saobraćaja.

4.2 Predlozi rešavanja situacije

U okviru projekta dat je dinamički plan izvođenja predloženih mera, kako bi se postiglo bolje funkcionisanje saobraćajnih sistema, unapredili održivi oblici saobraćaja te smanjili štetni uticaji na okolinu.

	Mera	Trajanje
1.	**Organizacijske mere**	
1.1	Promena reda plovidbe brodova za krstarenje	2014 – 2015
1.2	Organizacija pomorskog javnog saobraćaja	2019 – 2023
1.3	Unapređenje javnog drumskog prevoza putnika	2014 – 2018
2.	**Infrastrukturne mere**	
2.1	Semaforizacija pešačkih prelaza	2014 – 2015
2.2	Denivelacija saobraćajnih tokova pešaka i motornih vozila između Luke i starog grada	2019 – 2023
2.3	Izgradnja biciklističkih staza u Kotoru	2019 – 2023
2.4	Izgradnja obilaznice gradskog središta	2023 – 2027
2.5	Izgradnja parkirališne garaže (500 PM)	2023 – 2027
3.	**Ostale mere**	
3.1	Definisanje uvjeta kod izrade prostornih planova i projekta	2014 – 2023
3.2	Mere stimulacije korištenja ekoloških motornih vozila	2014 – 2023
3.3	Mere stimulacije eko vožnje motornim vozilima	2014 – 2023
3.4	Mere popularizacije održivog saobraćaja	2014 – 2023

Tabela 4 *Dinamički plan realizacije*

Između predloženih mera predstaviti ćemo najznačajnije:

Promena reda plovidbe brodova za krstarenje

Potrebna je promena rasporeda brodova na kružnim putovanjima, kako bi se smanjio pritisak turista na Stari grad. Kritične vršne vrednosti iskrcavanja putnika određene su istovremenim dolaskom najvećih brodova za krstarenje, posebno četvrtkom.

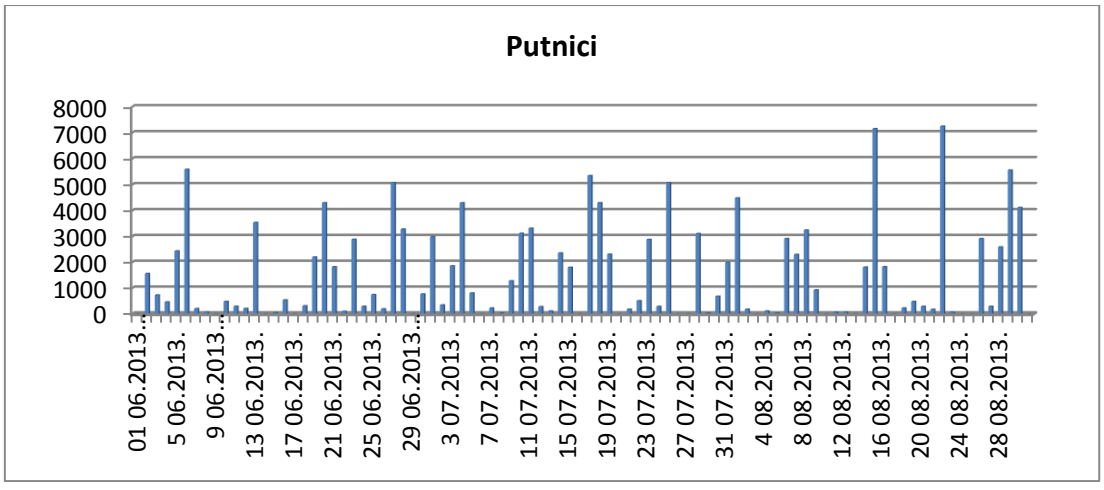


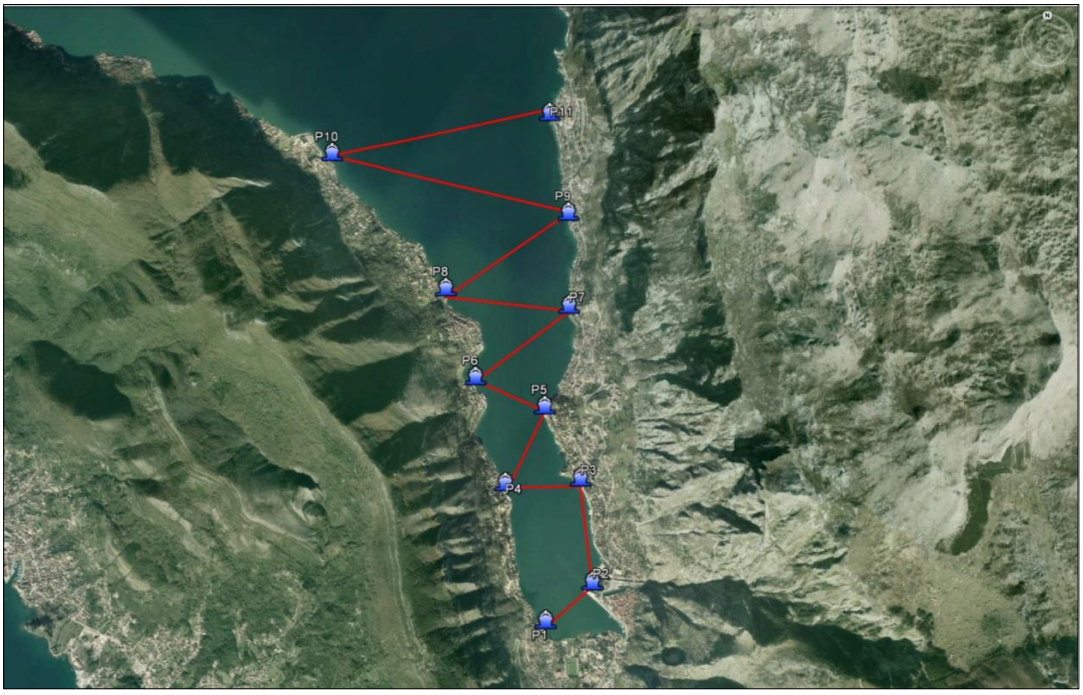
Tabela 5 *Postojeći red plovidbe brodova za krstarenje u luci Kotor jun- august 2013*

Od više načina regulacije su predložena tri scenarija:

U scenariju A napravimo vremensko pomeranje dolaska brodova, ostavljajući nepromenjen vremenski interval dolazaka. Na primer, predlažemo jedan dan pomeranja određenog broda, zadržavajući svoju nedeljnu frekvenciju. Na taj način, ukupan dnevni broj putnika nikad ne prelazi 4.000.
U scenariju B napravimo pomeranje dolaska brodova, bez obzira na njihovu frekvenciju. Cilj je dodatno smanjiti broj dolazećih putnika, s tim da više nemamo pravila o konstantnoj frekvenciji dolazaka brodova. To znači, da su pomeranja dolazaka brodova slobodna, slučajna i nisu vezana na frekvenciju njihovog dolaska. Na taj način, ukupan dnevni broj putnika nikad ne prelazi 3.000.
Scenarij C se čini najlakše ostvarivim. Po postojećem redu plovidbe, najveći redovno dolazeći brod je Costa Classica – osnova saobraćaja brodova za krstarenje u kotorskoj luci. Predložen je scenarij, u kojem se pomere samo dolasci tog broda, sa četvrtka na petak. Rezultati nisu najbolji, luka i grad su delimično rasterećeni, ali ostaje nekoliko vršnih brojeva putnika od preko 5.000 dnevno.

Organizacija pomorskog javnog saobraćaja

Morski saobraćaj može se ostvariti na širem području regije Boke Kotorske, gde su predložene nove linije. Prva linija, koja se predlaže je Budva-Herceg Novi, koja bi služila u glavnom tranzitnim tokovima. Druge imaju lokalni značaj u Boki Kotorski, i predlažu se na pravcima Kotor-Risan, Risan-Herceg Novi, Tivat-Herceg Novi.
Lokalna linija za sam grad Kotor i okolinu predlaže se tako, da su obuhvaćena sva naselja s istočne i zapadne strane kotorskog zaljiva od Prčnja, preko Mua, Kotora, Tomića i Radimira do Marovića.



Slika 6 *Osnovna ideja brodske linije javnog gradskog prijevoza putnika*

Denivelacija saobraćajnih tokova pješaka i motornih vozila između Luke i starog grada

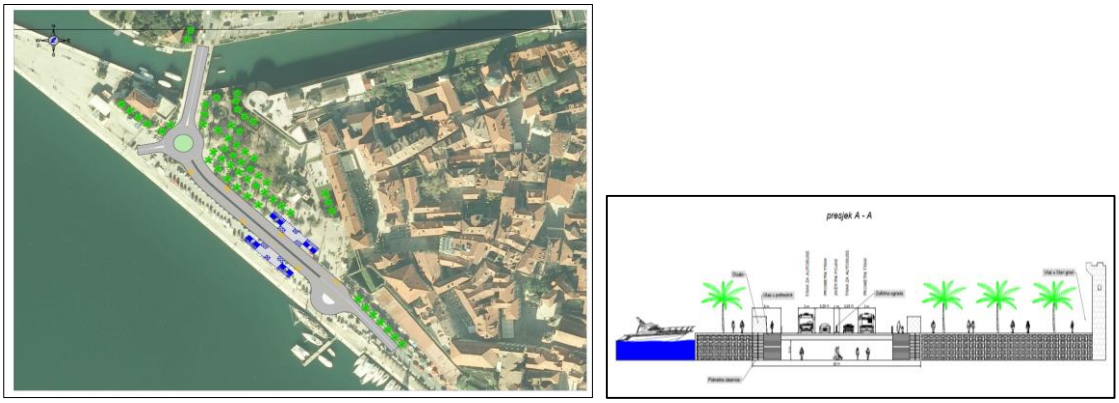
Kao srednjoročno rešenje predlaže se prostorno razdvajanje saobraćajnih tokova pešaka i motornih vozila na području gradskog središta. Na taj način bi se u potpunosti eliminisao konflikt između pešačkih saobraćajnih tokova i saobraćajnih tokova motornih vozila. Takvo rešenje rezultiralo bi značajnim povećanjem propusne moći i razine usluge na delu Jadranske magistrale kroz gradsko središte čime bi se u značajnoj meri eliminisale gužve i zastoji u vreme vršnih saobraćajnih opterećenja, osobito u vreme pritiska mase turista sa brodova za krstarenje prema starom gradu.
Između proverenih varijanti u obzir dolaze dve:

Prva varijanta predviđa realizaciju podvožnjaka za vozila na delu Jadranske magistrale na prostoru ispred ulaza u staru gradsku jezgru. Osnovna prednost ove varijante jest u tome što se pešaci zadržavaju na razini terena. Na taj način oni dobivaju povoljniji položaj u odnosu na vozila jer nema potrebe za silascima ili penjanjima kako bi se došlo s jedne strane saobraćajnice na drugu.



Slika 7 *Idejno rešenje podvožnjaka – situacija i poprečni presek*

Druga varijanta predviđa denivelaciju pešačkih tokova i tokova motornog saobraćaja izgradnjom pešačkog pothodnika. Budući da kod velikog broja pešaka silazak po stepenicama i ponovno penjanje radi prelaska ceste izaziva određene otpore, za silazak u pothodnik predviđeni su, osim klasičnih stepenica, i sistemi pokretnih stepenica te liftovi. Za dodatnu popularizaciju korištenja pothodnika u njemu je predviđen prostor za atraktivne sadržaje poput trgovine, suvenirnice, turističkog info punkta i slično.



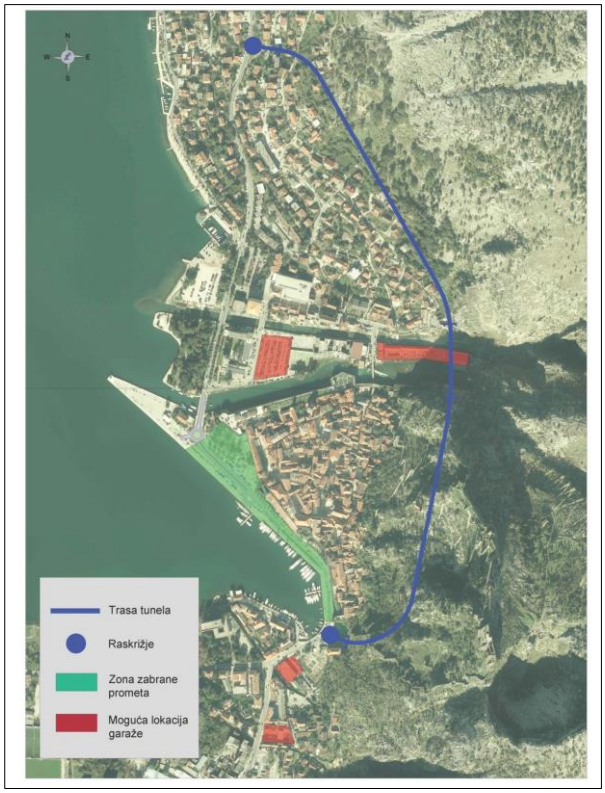
Slika 8 *Idejno rešenje pešačkog pothodnika - situacija i poprečni presek*

Izgradnja obilaznice gradskog središta

Kao dugoročno rešenje predlaže se zatvaranje prostora ispred ulaza u staru gradsku jezgru za saobraćaj motornih vozila. Budući da je to jedini koridor za prolazak motornih vozila kroz Kotor, za ovu meru je nužno osigurati alternativni koridor, odnosno gradsku obilaznicu, koja je jedino moguća u tunelu. Za ovo rešenje već postoji razrađena ideja gradske obilaznice od Škaljara do Plagente. U postojećoj ideji dužina obilaznice iznosi oko 3 km i sastoji se od dva vijadukta i dva tunela.

Kao alternativa predloženoj obilaznici predlaže se kraća i jednostavnija obilaznica koja će dati iste efekte, ali uz znatno manje troškove realizacije. Prikazana obilaznica je gotovo dvostruko kraća od postojećeg prijedloga. Duljina bi joj iznosila oko 1.300 metara i sastojala bi se od dva tunela i jednog vijadukta. Čvorišne točke obilaznice bile bi dve kružne raskrsnice. Realizacijom obilaznice bilo bi moguće zatvoriti prostor najužeg gradskog središta za saobraćaj motornih vozila te ga pretvoriti u pešačku zonu ili zonu smirenog saobraćaja. U navedenoj zoni potrebno je omogućiti kretanje samo vozilima s posebnom dozvolom. Na obodu zone potrebno je

osigurati dovoljno parkirnih površina za stanovnike središta, posetitelje i turiste. Za osiguranje dovoljnog broja parkirnih mesta predlaže se izgradnja parkirnih garaža. Moguće lokacije garaža prikazane su na slici 9. Realizacijom ove mere iz gradskog središta bi se eliminisao saobraćaj motornih vozila što bi imalo izrazito pozitivne učinke na okoliš i kvalitetu života kako građana Kotora tako i njegovih posetioca i turista.



Slika 9 *Prikaz alternativnog predloga gradske obilaznice*

Izgradnja parkirne garaže

Dugoročni koncept razvitka sistema parkiranja dat je u dugoročnoj varijanti rešenja problema središta Kotora. U tom rešenju predlaže se izgradnja parkirališnih garaža na obodu središta Opštine, čime će se u potpunosti rešiti problem parkiranja. Navedene garaže moguće je kao unapređenje sistema parkiranja izgraditi i pre realizacije navedene konačne mere, odnosno izgradnje gradske obilaznice.

5. ZAKLJUČAK

Planom održive mobilnosti za gradove Dubrovnik i Kotor definisani su postupci i aktivnosti koje bi gradska uprava u suradnji s ostalim učesnicima saobraćajnog sistema trebala provoditi za razvoj održivih oblika saobraćaja. Provedbom predloženih mera, moguće je saobraćajni sistem gradova iz klasičnog, primarno prilagođenog automobilu, transformirati u saobraćajni sistem prilagođen održivim oblicima saobraćaja – pešačenju, biciklizmu, javnom prevozu i prevozu ekološko prihvatljivim vozilima. Na taj način moguće je ostvariti značajan pozitivan uticaj na ukupno gradsko okruženje te grad učiniti još ugodnijim za život i boravak njegovih građana, posetioca i turista.

Lokalni plan održive mobilnosti potrebno je proglasiti strateškim planom iz oblasti saobraćaja te ga treba koristiti kao podlogu, odnosno usmerenje kod izrade svih budućih opštinskih planova. Lokalni plan održive mobilnosti treba svakako koristiti kod izrade prostornih planova na svim razinama, kod izrade planova i projekta svih elemenata saobraćajnog sistema te kod svih strateških planova.

REDUCTION OF POLLUTING SUBSTANCES IN THE ATMOSPHERE EMISSIONS BY APPLICATION OF THE CITY SIMULATION MODELING

Khaertdinov Almaz, Belyaev Eduard, Makarova Irina, Khabibullin Rifat
Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny

Abstract: *One of the purposes of the millennium development, the accepted UN defined ensuring ecological stability. Key strategy for achievement of this purpose is transition strategy to "green economy", assuming primary development of those branches which create and increase the natural capital of the earth or reduce ecological threats and risks. The maximum pollutants of environment are the industrial enterprises and motor transport. In particular sharply the problem is shown in megalopolises therefore the techniques, allowing to increase the accuracy of forecasts on change of an ecological situation for acceptance of adequate measures for its improvement are necessary. One of such methods is the control method of transport streams on megalopolis roads. Basis for decision-making is optimizing experiment on the imitating model, allowing to establish the optimum density and average speed of a stream at which norms of emissions won't be exceeded. By drawing up model the real condition of atmospheric air in the considered city, and also environmental risks is considered. The task was solved for Naberezhnye Chelny.*

Key words: *ecology, population health, transport, simulation modeling*

1. INTRODUCTION

The world economy in the new millennium is characterized by two main trends: on the one hand it is the rapid development of equipment and technology, requiring significant number of resources and causing the emergence of an increasing number of sources of negative environmental impact, on the other hand it is the increase in the number of supporters of the transition to a green economy, initiating the development of strategies and policy documents on sustainable development (SD) in all spheres of human activity. Though international debate on SD issues are conducted from the 90-ies of the last century, since the publication of the report “Our common future” of the World Commission on environment and development [1], however, already in the new millennium a number of documents are adopted that identified new targets, the need to achieve which is due to the negative consequences of urbanization, the development of the real sector of the economy, and more often unreasonable adverse effects on the environment. The most significant of these documents are the following: the report of the UNEP Global green new deal (2009) [2,3], the reports of the ILO “On global employment trends” (2009) [4] and to the world day of labour protection “Promoting safety and health in the green economy” (2012) [5], the Declaration of the summit Rio +20 “The Future we want” (2012) [6].

The major criterion of a sustainable development in the world is achievement of strategic balance between activity of the person and maintenance of reproducing possibilities of biosphere [7]. It is especially important for regional development since the region is the open difficult dynamic social ecological and economic system functioning under the influence of internal factors, realized through local governments, and external, caused by state economic and social policy [8].

Development of machinery and technologies, means of communications, and also globalization of economy are provided with dynamical development of transport and road branch, uniting transport systems of regions and the countries. In the report on a traffic security status in the world, prepared by World Health Organization (WHO), is underlined that «… promoting movement of the goods and people, road transportations benefit both to the countries, and separate persons. They facilitate access to workplaces, the economic markets, education, recreation centers and entertainments and to health services that, in turn, directly and indirectly has positive influence on population health. Nevertheless, growth of road transportations creates also considerable burden for health of people – in the form of a road and transport traumatism, diseases of respiratory tracts and consequences for the health, caused by reduction of physical activity. Air pollution, emissions of hotbed gases, consumption of nonrestorable resources, the household inconveniences caused by the neighborhood with a busy highway, and noise have number of additional negative economic, social and ecological consequences of movement of people and the goods on roads» [9].

Considerable growth of intensity of movement in city streets involves deterioration of traffic conditions, leads to growth of number of road and transport incidents (road accident) and victims in them people, and also to sharp deterioration of level of transport service of a city as a whole. As show researches, ecological and social costs (the expenses connected with local air pollution, road and transport incidents and stoppers) can

reach 10 and more percent of gross national product of region or the country and considerably to exceed the sums necessary for initiation of transition to "green" economy [10].

2. POSSIBLE PROBLEM SOLUTIONS CAUSED BY THE INCREASING MOTORIZATION

2.1. Research directions for reducing energy consumption of transport

Transport is that area in which effective both ecologically safe projects and the decisions should be used, capable to provide a sustainable development of a city infrastructure, keeping balance between comfortable living conditions and solicitous attitude to the nature.

The growing level of motorization is forcing the international community to find solutions to reduce the negative influence of motor transport on the environment: toughening requirements to environmental safety of vehicles, introducing strict standards of Euro-4, Euro-5, developing Euro-6. More economical and environmentally friendly transportation is a key element of the concept of transition to a low carbon economy, which is one of the priority directions of sustainable development of the socio-economic system of Russia facilitating the transition towards a «green» growth, reduction of the burden on the environment, increase efficiency of use of natural resources.

There are a number of ways in which energy consumption and, accordingly, emissions from the transport sector can be reduced. Article [11] shows that the activities can be classified as follows, highlighting five categories:

1. Improvement of transport technologies. It implies new technical solutions for modes of transport, mainly, the use of alternative energy sources (electric vehicles, hybrids, hydrogen fuel cells and other), advanced fuels, improving the design of the vehicle and its technical and operational characteristics.

2. The use of low-carbon fuels. The expansion of the fleet of electric vehicles, the use of «second generation» biofuels as a sustainable alternative to fossil fuels. In works [12, 13], the potential of reducing carbon emissions is explored (Larivé et al.,2004; Bringezu et al., 2009).

3. Increase of efficiency of use of transport. In the sphere of passenger traffic – it is due to the common use of cars and improve fuel efficiency through eco-driving. In the sphere of freight transportation possible projects include improving logistics and training of drivers.

4. Providing the most efficient means of transport during any journey. Project supports more efficient modes of transportation organization (both passenger and freight) by improving information, ticket sales, planning trips to the place of work, study, etc. Such policy, as shown in article [14] (Anable, 2005), is a cost-effective and reduces emissions.

5. Reducing the need for travel. As it is marked in researches, for realization of this direction there is less explicit political mechanisms. However, the use of information and communication technologies (ICTs) can increase the efficiency of planning routes, and also reduce the number of journeys, using such forms of organization of labor activity as teleworking, video-conferencing, the use of the Internet to make purchases, pay for services. In addition, you can use ICT for spatial planning purposes during the construction of new housing and business development. However, the reverse effect of such methods is noted: for example, communication through video conferencing with people around the world could lead to an increase in the need for further cooperation and personal meetings [15] (see, in particular Choo et al., 2005).

2.2. Application of intelligent transport systems to reduce the negative impact of motorization

The analysis of condition and functioning of transport system of Russian cities testifies that its stability and safety decrease every year in view of discrepancy of automobilization increase rates to a street network infrastructure development level. Such tendencies remain despite measures taken on safety at transport, and also that automobilization level in Russia is still far from similar indexes in the countries of Europe (fig. 1.).

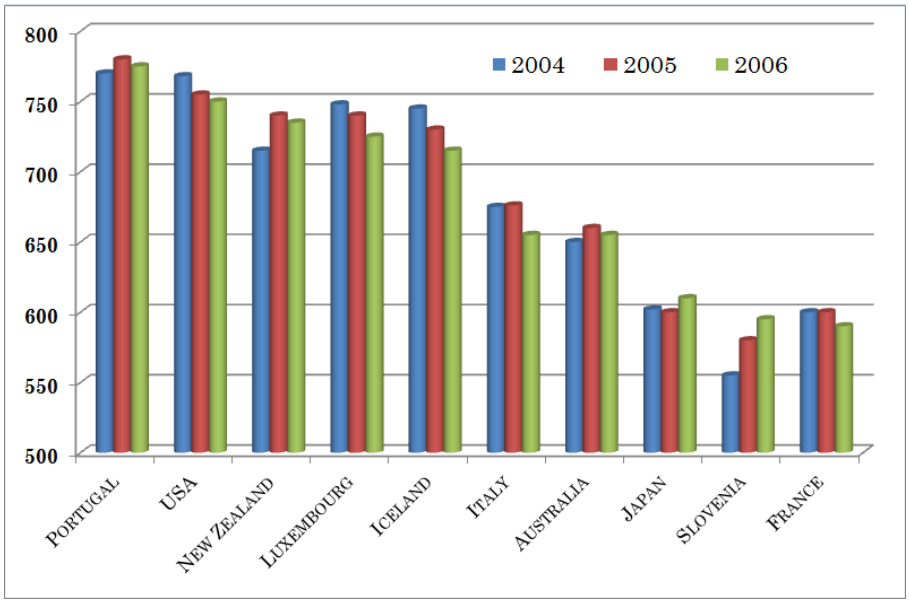


Figure 1. *Top-10 of the most automobile countries of the world by quantity of cars on 1000 inhabitants [16]*

Every year the requirement for traffic optimization increases, in particular it concerns developing countries with dynamical automobilization growth. As experiment of the developed countries shows, many problems can be solved at the cost of transport networks perfection and a road infrastructure. However, possibilities of problem solving in such a way are frequently limited by many factors, the main of which is absence of road system expansion possibility. Management and redistribution of transport streams with use of the modern technologies united by the general term «intellectual transport systems» (ITS) can be the other solution where decision-making is based on the information received in real time for the purpose of influence on transport behavior of participants of movement.

The basic ITS components and participants are:

- Transport infrastructure;
- Vehicles;
- The telematic equipment of transport infrastructure and vehicles elements;
- Intellectual information displays, traffic signs and traffic lights with possibility of their remote control;
- The centers of gathering and information processing;
- The centers of decision-making and traffic control.

The decision is found by world transport community in creation not control systems of transport, but transport systems in which communication facilities, management and control are initially built in vehicles and objects of an infrastructure.

At certain interpretation distinctions in different countries such definition can be generalizing. ITS is a system integration of modern information and communication technologies and means of automation with a transport infrastructure, vehicles and the users, focused on increase of safety and efficiency of transport process, comfort for drivers and transport users [17].

For improvement of situations on roads development of an infrastructure and, in particular a network of streets should advance, or, at least, correspond to changes of automobilization level. It is extremely difficult to predict change of motor transport movement intensity on a city street network owing to reconstruction of roads sections, construction of the new centers of gravity, residential areas because it is necessary to consider a great number of likelihood parameters. In most cases network of streets reconstruction is carried out without growth of traffic volume and traffic density owing to what such measures as road section widening, building of new turns, additional lanes do not give a positive effect, and in some cases result in situation deterioration on roads.

Growth of vehicles number is not considered as well at construction of centers of population gravity. At constructing of driveways on shopping centers territory street network occupancy degree of adjoining

sections that creates problems for drivers and pedestrians frequently is not considered, conducts to growth of road accidents and traffic jams.

At designing of new residential areas the problem with arrangement of parking lots is solved. However situations in courtyards remain difficult, frequently inhabitants prefer to park cars more close to the places of residence and if there are no parking lots nearby, cars "spend the night" on lawns, children's playgrounds and sidewalks, jamming passages on a courtyard which leads to emergency situations.

All it forms a complex of the problems complicating functioning of a city transport system. The complex solving of the specified problems can provide a use of the intellectual transport system considering various street network characteristics.

Research with use of offered system can be spent in several directions:

1. The analysis of real situations arising on a street network (for example, accident, street cleaning) on simulation model taking into account average speed of movement and density of a transport stream, a waiting time in turns (en route delays) of vehicles and passengers.

2. Search of the optimum traffic control problem solving with a choice of changeable parameters (such as, time of traffic lights switching, quantity of lanes, etc.). Average speed on analyzed street network section, a waiting time at crossroads etc. can be a criterion function in this case.

3. Street network topology change influence forecasting (building of bypass roads, introduction of vehicles availability gauges at a crossroads, change of crossroads types etc.) on important characteristics of a transport stream.

4. Traffic jams control. The problem is solved by regulation of traffic intensity in the given direction, for example, a redirection of a passenger transport route on alternative roads.

5. The selection of optimal parameters of traffic flow, that provide the minimum of the burden on the environment.

2.3. ITS development to optimize the transport system of the city

While large systems analyzing that include the city transport system, optimum tool allowing reacting quickly to changes of external and internal system parameters are systems of Decision Making Support Systems (DMSS) which are based on the technologies using operative databases, storehouses of data, systems of operative analytical information processing and intellectual data analysis (fig. 2).

DMSS possesses means of granting of modular data to the user for various selections from an initial set in a convenient for perception and analysis way. Modular functions form a multidimensional data set (a hypercube or a metacube), where users can formulate complex inquiries, generate reports, receive data subsets. Such technology of complex multidimensional OLAP (On-Line Analytical Processing) data analysis is analytical processing in real time which is a key component of the Data Warehouse arrangement (fig 3).

The algorithm of work consists of following stages:
1. Data acquisition in the form of the flat chart or result of SQL inquiry performance.
2. Data caching and its transformation to a multidimensional cube.
3. Display of the constructed cube by means of cross chart or diagrams, etc. Generally, arbitrary quantity of mappings can be connected to one cube.

Advantage of the given technology is that demands of so-called FASMI (Fast Analysis of Shared Multidimensional Information) test are made to appendices for the multidimensional analysis, including:

- Fast - the fast response of system (no more than 5 seconds),
- Analysis - the full-function analysis in a possible convenient way,
- Shared - the multiuser access, protection of the information, etc.,
- Multidimensional - multidimensional conceptual data presentation in the form of cubes with hierarchical measurements,
- Information - data accessing in required volume, where it is necessary.

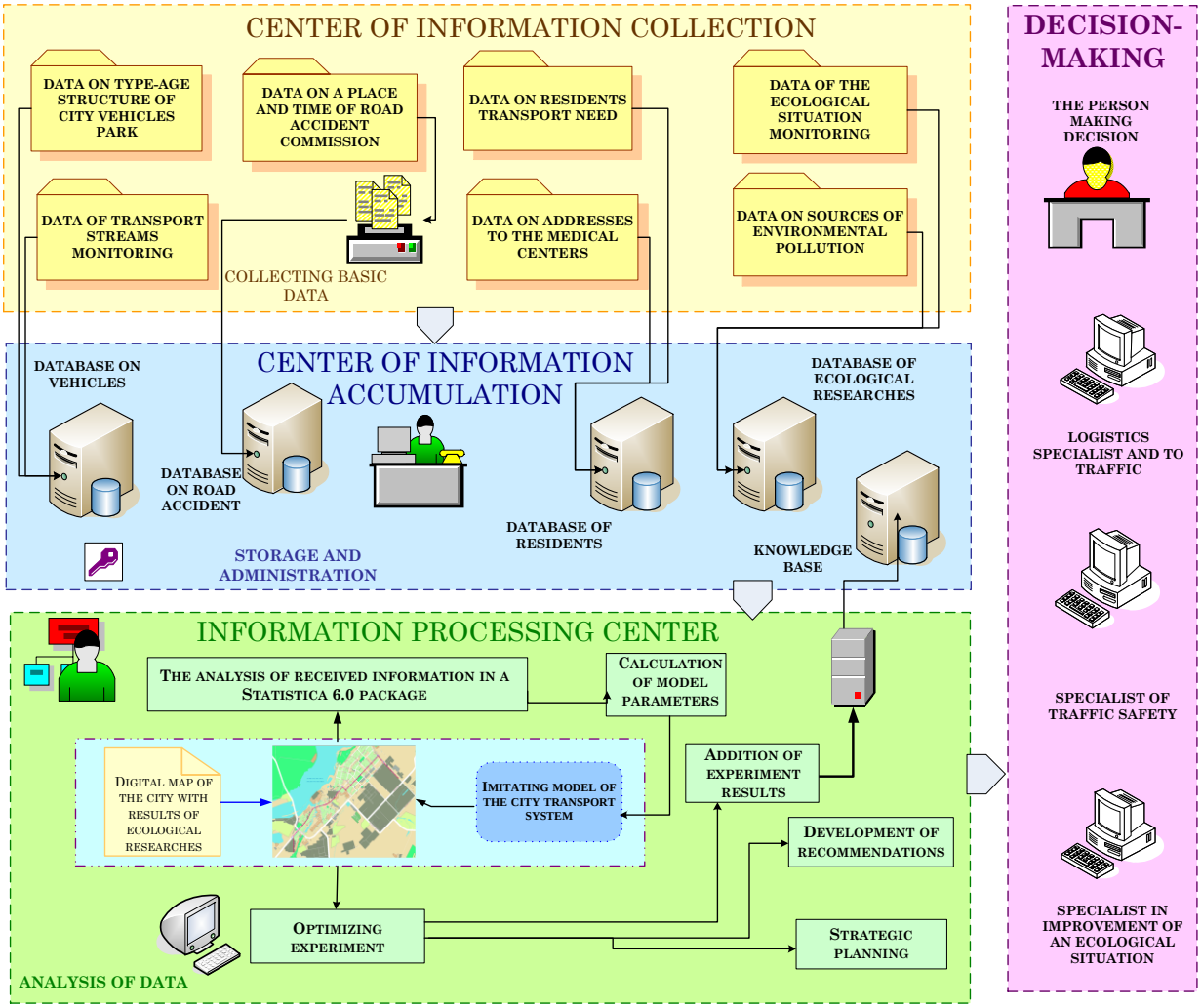
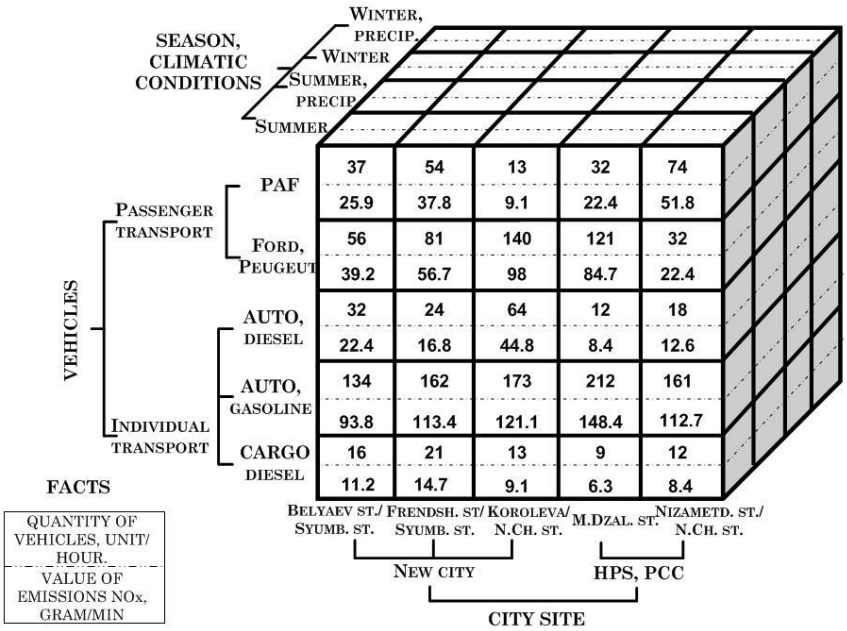
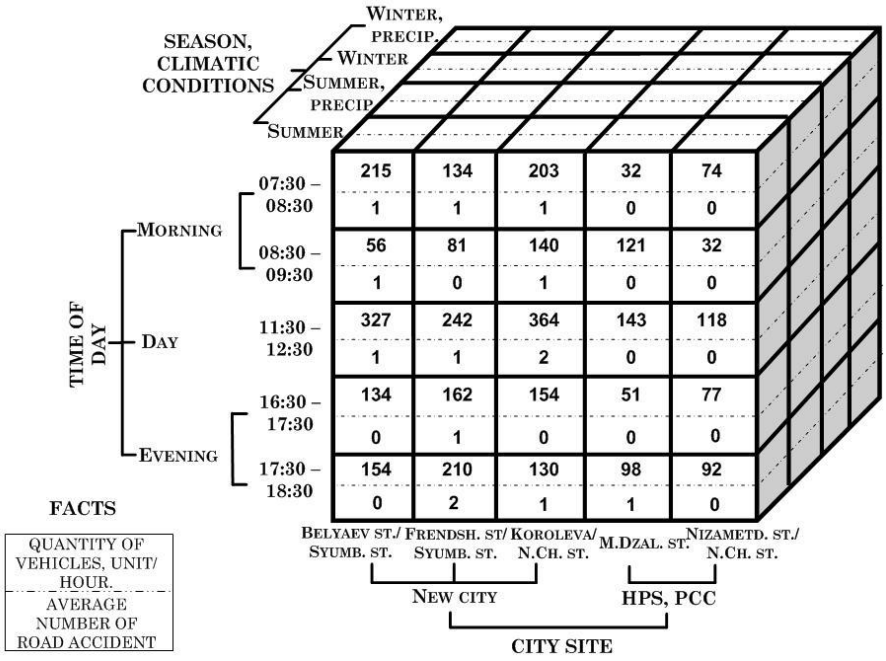


Figure 2. *The conceptual scheme of DMSS*



a) measurement «means of transport»)



b) measurement "time of day")

Figure 3. *Data representation in the OLAP-cube form*

The imitating model is the intellectual core of the designing DMSS. Imitating modeling is the tool that allows you not only to perform a qualitative analysis of the processes but also to explore the effects of any changes in these processes. What's more it allows you to choose the variant which satisfies all specified limitations and issues optimal system parameters. [19].

The software developed for these purposes allows you to build models that reflect the processes as they were in reality, and then conduct a series of virtual experiments specifying the model time. Thus it is possible to study the process using the single test as well as set of tests that allows you to find the optimal process parameters and the results will be determined by their random nature.

Economic effect of ITS application is determined by the reduction of transportation costs by optimizing routes and increasing efficiency of the vehicle fleet. Environmental effect is to reduce the negative impact on the environment and can be achieved through rational redistribution of traffic flows on the city road network. Social effect will be to reduce the risk of disease due to urban air quality.

As decision-making is based on real data on management object, an aggregated information are applied for analysis and strategic decision making for storage of which Data Warehouse (DW) is created. The purpose of DW construction is integration, actualization and the coordination of operative data from diverse sources for formation of a uniform consistent view on an object of control as a whole. Data Warehouse contains information collected from several operative databases of OLTP-systems (OLTP (On-Line Transaction Processing) - operative processing of transactions in real time).

The multidimensional intellectual data model is installed in traffic control center and serves for gathering, storage and formalization of road network parameters.

Measurements of analytical cube are:

1. Model, make and type of a car engine.
2. Season.
3. Time a day.
4. Average useful life of passing cars.
5. Traffic intensity.
6. Movement direction.
7. Average speed of a stream.
8. Length of traffic jams and quantity of stops.

9. Total of cars passing in an hour.
10. Value of emissions in atmosphere (CO, NOx etc.).
11. Quantity of road accidents for the tested period.

The operative information which comes to Control centre in a mode of real time from various sources is necessary for correct reproduction in a model of real situations: from servers of the municipal enterprises, from the equipment for operative monitoring of a road situation (GPS/Glonass systems).

Storage of the information in the form of an OLAP-cube and its subsequent processing will allow to estimate street network parameter dynamics with high accuracy on different measurements (quantity of vehicles, a road section, a season, average speed, traffic light availability etc.). Packages of the formalized data are continuously transferred in a simulation system for changing of model parameters (fig. 4). Information analysis of the city transport system's parameters' changes by the day time, day of the week, month of the year makes it possible to predict possible city roads situation changes in subsequent periods. Furthermore, modeling workarounds with changing system parameters allows you to choose the most optimum of them and to build a knowledge base of the best solutions for fixed traffic and environment parameters. Such databases are used for operational decision-making management in the case of emergencies in the transport system.

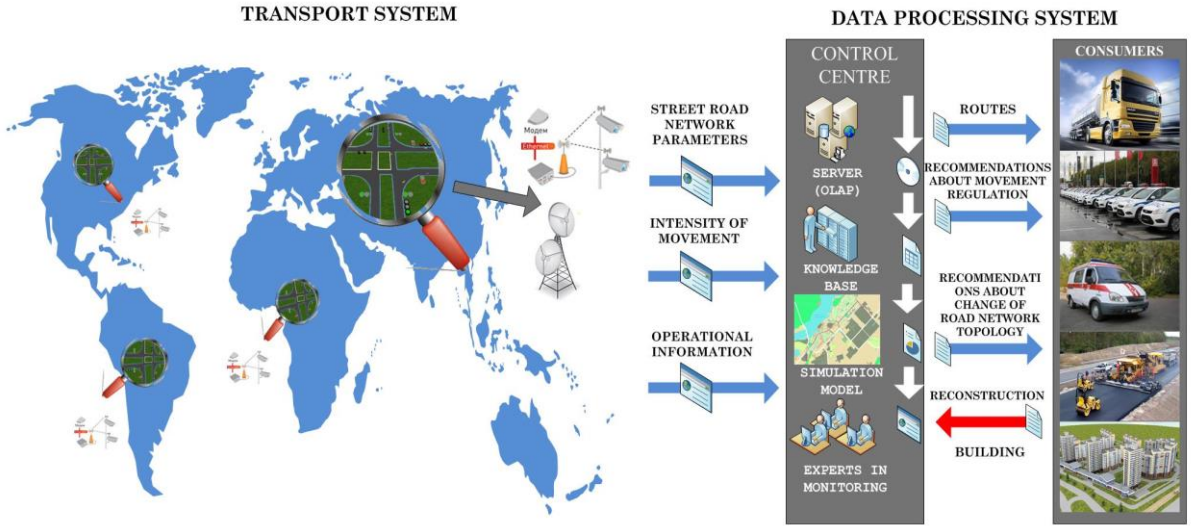


Figure 4. *Scheme of information streams processing*

2.4. ITS application to improve the environmental safety of vehicles

Situation related to the urban ambient air pollution emissions vehicles exacerbated aeration conditions localities that define the process of dispersion of pollutants which differs significantly from the dispersion of the emissions of the pollutants from the stationary sources. Motor emission of pollutants in the lower atmosphere determines the high level of the surface concentrations. However, their maximum concentration is in the area of human breathing. The level of concentration of nitrogen oxides, carbon and other harmful ingredients in the Russian cities' streets is 10-20 times higher than the maximum permissible. Low intensity of self-purification processes in the surface layer of the atmosphere leads to the sorption combustion snow and plants on the soil surface on the territories adjacent to roads. Heavy metals, settling mainly along highways, create "dead zones" in width up to 120 m on the both sides of the road, and when traffic is over 10,000 vehicles per day it is up to 400 m.

Since the major stationary sources of pollution are located outside Naberezhnye Chelny city, or on its borders, the main source is road transport. Therefore, for environmental analysis and the definition of the city's largest concentration of pollutants calculations were made. These calculations are based on the known techniques taking into account the results of field surveys of the moving vehicular traffic's structure and intensity on the major highways in Naberezhnye Chelny city. Field data findings became the basis for the motor vehicles emissions calculating. Using a software package UPCAP (unified program of calculation of air pollution) Ecologist 3.0 Company «Integral» the dispersion maps were obtained for the following pollutants: CO, NO_x (converted to NO_2), hydrocarbons, carbon black, SO_2, formaldehyde, benzo(α)pyrene (fig. 5). Maps

dispersion of pollutants allowed to highlight problem areas one of which is a complex junction formed by the intersection of Prospect Mira, Peoples' Friendship and Syuyumbike (fig. 5). Analysis of statistics on the road traffic accidents showed that this site is a place with a high concentration of road accidents. It creates problems for the normal functioning of the transport system and of the environment because the frequent occurrence of the congestion situations exacerbate the negative impact of transport on the environment.

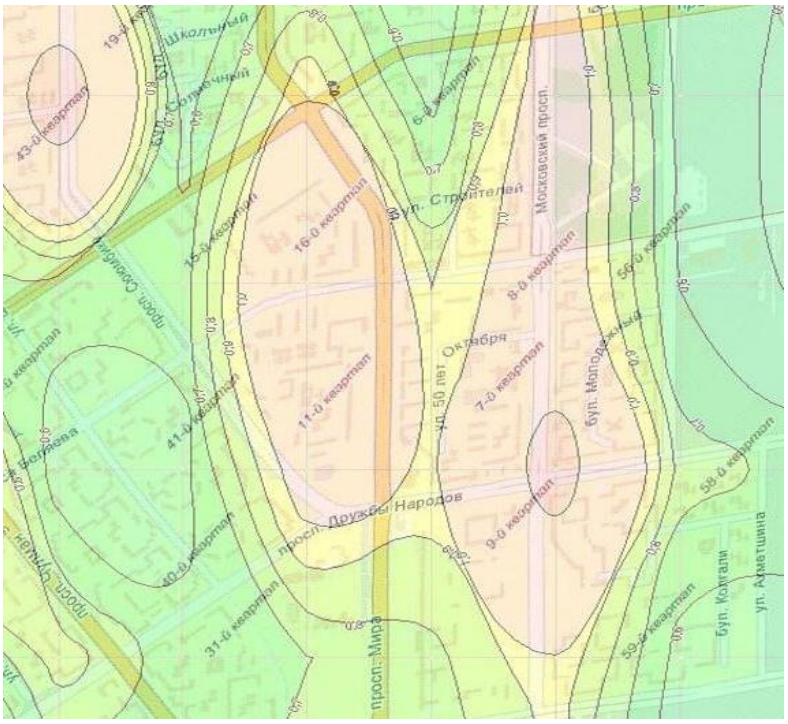


Figure 5. *Map dispersion of carbon monoxide*

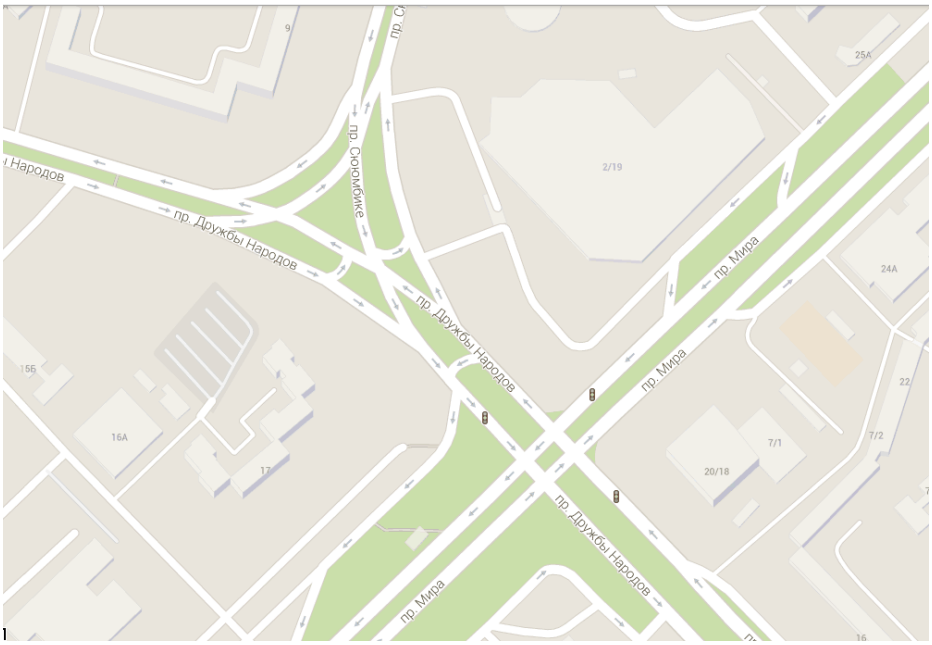


Figure 6. *Decoupling scheme simulated road network*

For a more detailed analysis of the area its simulation model was built using the Russian software developer AnyLogic. There are several factors that were taken into account:

- geometry portion of the road network;
- traffic density;
- intensity of pedestrian traffic in the area with the distribution lanes;

- emissions of pollutants from motor vehicles and emissions quotas;
- modes of traffic lights on the previous and subsequent sections.

As the limitations of the model the emissions' quota was set that should not be exceeded:

$$Q_{avt.} = \frac{M_{Li} + M_{\Pi i} + M_{np.}}{M_{kv.}} \leq 1$$

Model experiment on the flow characteristics, established as a result of field observations showed that there was an excess of carbon monoxide and nitrogen dioxide emissions on the considered section during the congestion situations (fig. 7).



Figure 7. *The view of the simulation model of the considered section of the road network*

The first stage of optimization experiment allowed us to determine optimal parameters of the traffic flow (the density, the intensity and the speed) that provide not exceeding quota emissions of pollutants.

In the second stage of the optimization experiment the the part of the public transport's replacement for the the more environmentally friendly was done and the vehicular traffic emissions calculated for the original parameters were determined. It has been found that such a change has a positive effect: reduced emissions of pollutants (table 1).

Table 1. *Change of substances by public transport polluting emissions volumes when using gas motor fuel*

Наименование вещества	Объем выбросов (100% парка на дизельном топливе)	Объем выбросов (50% парка на газомоторном топливе)	Объем выбросов (100% парка на газомоторном топливе)
CO	1,036	0,870	0,691
NOx	0,974	0,907	0,830
CH	0,499	0,437	0,386
Soot	0,581	0,466	0,342
SO2	0,578	0,584	0,586
Formaldehyde	0,681	0,690	0,692
Benzapiren	0,579	0,587	0,589

CONCLUSIONS

The proposed solution of an ecological situation on the city street road network improvement problem realizes an advanced method of transport streams coordinate management on "problem" sites. At the heart of the decision use of the simulation modeling, allowing to consider a large number of a transport network factors including the stochastic lies. The analysis of a considered site by means of simulation model allowed to develop a number of recommendations about improvement of an ecological situation, including by means of transfer of public transport to gas motor fuel.

REFERENCES

[1] World Commission on Environment and Development, 1987. Our Common Future Oxford University Press, Oxford. 400.

[2] Технологии для "зеленой" экономики. / Сайт Российского Национального комитета содействия Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕПКОМ). (on-line) available at: http://www.unepcom.ru/unep/gei/214-green-course.html. (10.01.2014).
[3] Глобальный «зеленый» новый курс: доклад. ЮНЕП. 2009. (on-line) available at: http://www.unepcom.ru/images/greeneconomy/greennewdeal.pdf (10.01.2014).
[4] Доклад МОТ «О глобальных тенденциях в сфере занятости». (on-line) available at: http://unrussia.ru/ru/node/379 (10.01.2014).
[5] Доклад МОТ «Продвижение охраны труда в «зеленой» экономике». (on-line) available at: http://ot-lab.ucoz.ru/_ld/5/514_ world_day_2012_.pdf (10.01.2014).
[6] The future we want / United nations. (on-line) available at: http://370The_Future_We_Want_10Jan_clean.pdf (10.01.2014).
[7] А.М. Шелехова. 2002. Основные положения стратегии устойчивого развития России. Moscow, 161 p.
[8] Кормановская И.Р., Ренкас Н.Н. Оценка эффективности управления устойчивым развитием региона 2009. Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики.
[9] Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире. Время действовать. 2009. Всемирная организация здравоохранения. 298 p.
[10] Шалмуев А.А. 2006. *Теоретико-методологические основы устойчивого развития региона*. Инновации, 3, 28-32.
[11] Paolo Bertoldi, Silvia Rezessy, Jillian Anable, Patrick Jochem, Vlasis Oikonomou. 2011. Energy Saving Obligations and White Certificates: Ideas and Considerations for the Transport Sector // International Journal of Sustainable Transportation 5(6), 345-374
[12] Larivé JF , Edwards R , Mahieu V , Griesemann JC , Rickeard DJ . 2004 . Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, project report. SAE Paper 2004-01-1924.
[13] Bringezu S , Schutz H , ÓBrien M , Kauppi L , Howarth RW , McNeely J . 2009 . Assessing biofuels. United Nations Environment Programme, Paris.
[14] Anable J. 2005. Soft Measures: Soft option or smarter choice for early energy savings in the transport sector? European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE) 2005 Summer Study, Mandelieu, France, May 30–June 4.
[15] Choo S , Mokhtarian PL , Salomon I . 2005 . Does telecommuting reduce vehicle-miles traveled? An aggregate time series analysis for the U.S . *Transportation* 32 (1): 37 – 64 .
[16] Россия сильно отстает от Португалии по уровню автомобилизации / Источник: Forbes (on-line) available at: http://www.rb.ru/article/rossiya-silno-otstaet-ot-portugalii-po-urovnyu-avtomobilizatsii/5364167.html (22.07.2012)
[17] Интеллектуальные транспортные системы - необходимый элемент инновационного развития. (on-line) available at: http://new-sebastopol.com/news/innovatsii_i_tehnologii/Intellektual_nye_transportnye_sistemy_____neobhodimyy_element_innovacionnogo_razvitiya (22.07.2012)
[18] Федоров, С.В. Совершенствование методов проектирования транспортных сетей и маршрутных систем крупных городов : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.22.10 : защищена 10.03.2011 / Федоров Сергей Владимирович. М.: МАДИ, 2011. – 20 с.
[19] Irina Makarova, Rifat Khabibullin, Eduard Belyaev, Dmitry Zhdanov. 2013. Intellectualization of transport systems for the benefit of safety and the sustainable development of territories. Journal of International Scientific Publications: Ecology&Safety, 7(3). Bulgaria. 189-199. (on-line) available at: http://www.scientific-publications.net/ download/ecology-and-safety-2013-3.pdf

PHONOBLOC – INNOVATIVE NOISE BARRIERS MADE OF CONCRETE

Gerald Lanz[1], Alexander Barnas[2]
[1] Lanz Gerald, Dipl.-Ing.
Kirchdorfer Group, Kirchdorfer Platz 1, 2752 Wöllersdorf (Austria). E-Mail: gerald.lanz@kirchdorfer.eu
[2] Barnas Alexander, Dipl.-Ing.
Kirchdorfer Group, Kirchdorfer Platz 1, 2752 Wöllersdorf (Austria). E-Mail: alexander.barnas@kirchdorfer.eu

Abstract: *The Phonobloc system for producing noise barriers made of concrete, which uses local resources (raw materials and production lines), has been developed by the Kirchdorfer Group within a two-year research project. It takes into account the requirement of Serbia that the construction of the road infrastructure include as many local and national contractors, producers and suppliers as possible. This thesis shows that the innovative method to produce noise barriers, that fully meet all European standards and provide the highest level of acoustic properties, is consistent with the relevant Serbian standard EN 1793-1. Furthermore, it demonstrates that it is possible by the particular characteristics of the innovative Phonobloc material to use it for a variety of products.*

Keywords: noise barriers, lightweight aggregate concrete, sound absorption

1. INTRODUCTION

Already at the beginning of the project – in the middle of 2008 – the technical goal was clearly stated, not only to establish a new “noise protection” core-competence within the Kirchdorfer Group, but also to pursue the development of precast concrete products, which significantly differ from those on the market. This was accompanied by establishing in-house knowledge in the field of noise protection, so that for customers a completely new and innovative range of services is available. This project was realized through the development of an environmentally sustainable noise barrier system that meets the requirements of the respective products with absorber materials for all demands in the area of roads (freeze-thaw resistance) and railways (pressure and suction waves by passing high-speed trains) at national and international level.
During development, the following noise protection requirements were always to ensure:

- sound absorption -> group A3 (DL_α > 8 dB) and group A4 (DL_α > 11 dB) according to EN 1793-1 [1]

- airborne sound insulation -> group B3 (DL_R > 25 dB) according to EN 1793-2 [2]

In addition to the conventional concrete-technology conditions the highest freeze-thaw resistance was to prove in the area of roads:

- exposure class XF 2

With this development a full range of recyclable noise reducing products for the infrastructure sector – consisting of precast concrete elements and mineral absorber materials – should be created and a significant contribution to the implementation of EU Directive 2002/49/EC [3] (assessment and management of environmental noise) should be made.
Within the described material and product development the basic idea could eventually be realized, to create a fully mineral material that combines the four essential characteristics of noise barriers in itself:

- load-bearing capacity,
- durability,
- absorption and
- possibility of design.

2. MATERIAL AND PRODUCT DEVELOPMENT

Currently used noise reducing devices made of precast concrete elements in the area of roads and railways consist of a structurally necessary load-bearing layer made of reinforced concrete, and a second layer on one or both sides for absorption (see Figure 1); a third layer with additional design elements is optional and usually not integrated into the product range.

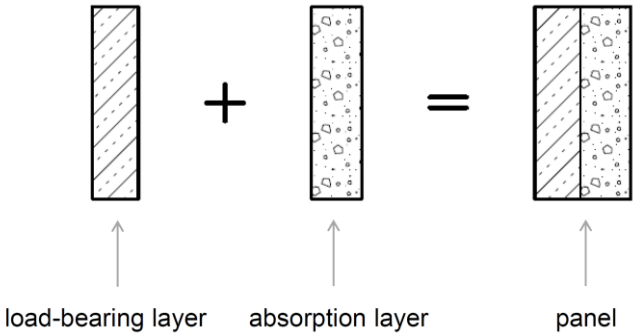


Figure 1. *Sound barriers made of concrete: state-of-the-art*

The innovation is that the lightweight aggregate concrete has sufficient load-bearing capacity to replace the conventional load-bearing layer. The entire layer at the same time meets the requirements of load-bearing capacity and acts collectively as a sound absorber (see Figure 2). In addition, the sealing-layer – mainly required for airborne sound insulation – may be used to design the backside-surface.

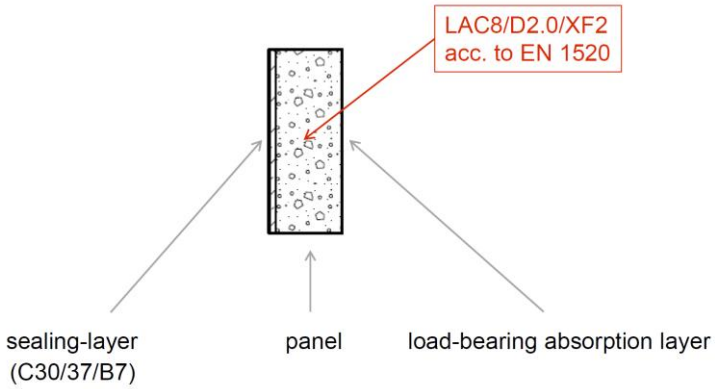


Figure 2. *Innovative idea: merging of load-bearing and absorption layer*

The development of the innovative noise protection system was carried out in two main steps:

1) material development and
2) product development.

2.1. MATERIAL DEVELOPMENT

In the development of the noise protection system the contradiction between the two following requirements had to be solved:

- absorption → porous material with minimum density required
- static & durability → material with sufficient strenght and highest possible density required

2.1.1. ACOUSTIC PERFORMANCE

Initially, a number of orientation tests for absorption were carried out in a small, mobile reverberation cabin, the sample size at this time was 1m². The following parameters were varied:

- mix design of lightweight aggregate concrete (different aggregates),
- absorber-thickness,
- surface-structure of the absorber material (smooth, wavy, …),
- density.

Based on the carried out orientation tests numerous tests depending on the particular product (noise barrier panel, integrated noise barrier, …) were performed in the reverberation chamber for sound absorption according to EN 1793-1 [1] and airborne sound insulation according to EN 1793-2 [2].
An overview is shown in Table 1, the tests which could not reach the required target will not be given at this point.

Table 1. *Overview – acoustic test results*

Overview - absorption and sound insulation tests									
	Noise barrier - panel						Integrated barriers		
	one-sided			both-sided			one- / both-sided		
Plant	A3	A4	B3	A3	A4	B3	A2	A3	B3
Wöllersdorf / Austria	8 dB						4 dB		
		14 dB						8 dB	
			27 dB / 42 dB						> 25 dB
				9 dB					
					14 dB				
						30 dB			

Figure 3 shows the test arrangement for noise barrier panels to determine the absorption and airborne sound insulation in accordance with the set of EN 1793.



Figure 3. *Test arrangement acc. to set of EN 1793: absorption (left), sound insulation (right)*

2.1.2. DURABILITY

Coinciding with the first orientation tests for sound absorption specimens (several mix designs) for testing the freeze-thaw resistance were produced. For noise barriers along roads (external walls exposed to airborne chlorides) exposure class 2 in accordance with EN 1520 [4] is required. The ZTV-Lsw 06 [5], which is cited in most international tender documents, requires that the freeze-thaw resistance of the absorption concrete should be proved as well. However, till now either nationally or internationally a single assessment method and assessment criteria for determining the freeze-thaw resistance of lightweight aggregate concrete exists,

all tests have been completed in accordance with ÖNORM B 3306 [6], which has to be used for precast concrete products made of "normal" concrete.
Due to the open porous structure of the material the test arrangement given in ÖNORM B 3306 had to be modified. The application of the test specimens with the testing-solution (XF1 → water, XF2 → 3% NaCl-solution) takes place during the thaw-cycle by flooding of the freeze-thaw-chamber for a defined period of time.

Table 2 shows, that with the mix design called „V3b“ it has been possible to stay below the maximum permissible scaled material (< 500 g/m²) after 56 freeze-thaw cycles.

Table 2. *Test results – freeze-thaw resistance*

		freeze-thaw cycles							
		7	14	21	28	35	42	49	56
	expanded clay acc. investigation (type A)								
	expanded clay acc. investigation (type B)					25 cycles			
	wood-concrete acc. investigation			15 cycles					
	expanded clay 1/4 - zero sample								
V4	**expanded clay 1/4 + air-entraining agent**								
V5	**expanded clay 1/4 + air-entraining agent**								
V1	**Dolomit 4/8** - zero sample								
V2a	**Dolomit 4/8 + air-entraining agent**								
V2b	**Dolomit 4/8 + air-entraining agent**								
V3a	**Dolomit 4/8 + air-entraining agent**								
V3b	**Dolomit 4/8 + air-entraining agent**								
					5 mix designs intact			4 mix designs intact	1 mix design intact

Since the beginning of 2013, members of working group 075.08 (Austrian Standards Institute) began to develop a testing standard for lightweight aggregate concrete (ÖNORM B 3306-2). The carried out interlaboratory tests are not finished until now.

2.2. PRODUCT DEVELOPMENT

Due to the specific characteristics of the Phonobloc-material it is possible to use it for a variety of products. An overview is shown in Figure 4.

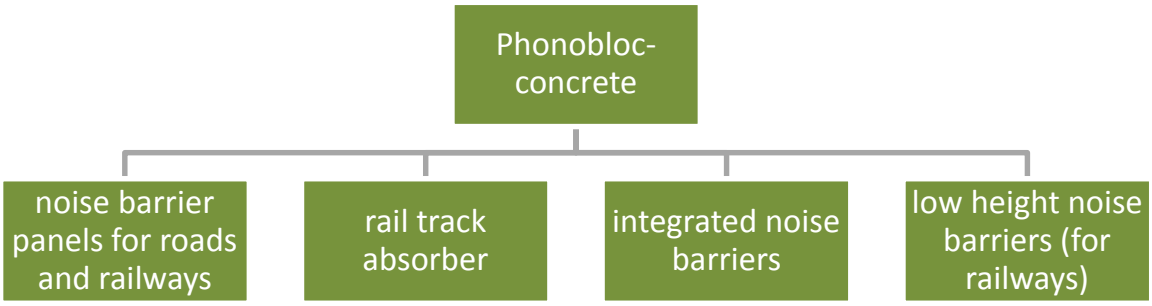


Figure 4. *Phonobloc – product range*

Which standards and tests must be fulfilled in the course of approval (initial type testing) is shown on the example of noise protection panels in the following.

2.2.1. European standards

The European product standard EN 14388 [7] specifies the performance requirements and methods of evaluation for road traffic noise reducing devices. This document covers acoustic (set of EN 1793), non-acoustic (set of EN 1794) and long term performance (set of EN 14389). In Figure 5, an overview is given of the most important standards and their parts.

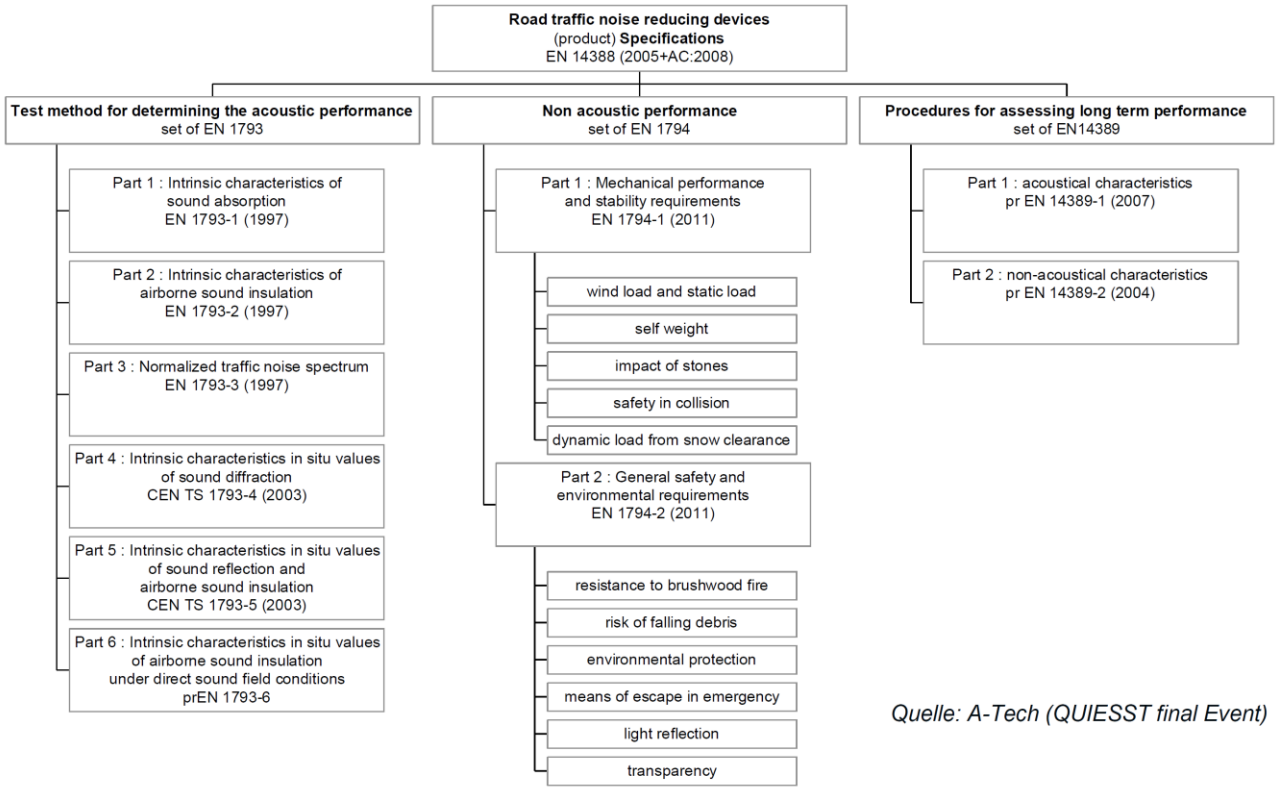


Figure 5. *European standards for noise reducing devices*
Source: www.quiesst.eu

2.2.2. Initial type testing

Initial type testing according to EN 14388 [7] shall be performed at the beginning of the production of a new noise reducing device type or at the beginning of a new method of production. The manufacturer shall provide the results of tests and/or calculations of the characteristics, in accordance with the appropriate supporting standard:

- sound absorption DL_α (EN 1793-1)
- sound insulation DL_R (EN 1793-2)
- resistance to loads (EN 1794-1)
- dynamic load from snow clearance (EN 1794-1)
- resistance to brush fire (EN 1794-2)
- impact of stones (EN 1794-1)
- risk of falling debris (EN 1794-2)

The manufacturer shall establish, document and maintain an FPC system to ensure that the products placed on the market conform to the stated performance characteristics.

Since all requirements could be met, complete initial type tests are available for the following noise barrier panels:

- Phonobloc Mono A3,
- Phonobloc Mono A4,
- Phonobloc Duo A3|A3 and
- Phonobloc Duo A3|A4.

2.3. Internationalization

As for the production of Phonobloc-products always local raw materials (aggregates, cement, …) should be used, the international roll-out of the innovative noise protection system was started after the completion of the national development activities. The short transport distances of local raw materials lead to much lower CO_2 emissions.
Consequently, the main goal was to ensure the reproducibility of the noise protection panels at plants of different international license partners of Kirchdorfer Group in compliance with the country-specific regulations. For this purpose various mix designs and orientation-tests were made in the plant Gerasdorf (Austria) after completing a detailed material-analysis (comparison of grain curves) and receiving the raw materials (aggregate and binder system). A special emphasis was placed on the void content as a function of density. After the mix design was fixed specimens for the following tests were produced in Gerasdorf:

- sound absorption,
- compressive and tensile strenght,
- impact of stones and
- freeze-thaw resistance.

The test-results of sound absorption and airborne sound insulation of the different license partners (Germany, Turkey, Israel and Switzerland) are shown in Table 3; the acoustic tests were carried out in Austria. Due to the different raw materials the DL_α-values vary slightly from country to country, the absorber thicknesses could be maintained for almost all license partners in comparison to the Austrian ones.

The test methods for freeze-thaw resistance are regulated in some countries (Germany, Switzerland), in other countries, however, there are no testing standards and regulations for lightweight aggregate concrete. Usually, tests according to German test methods are required in these countries.

Table 3. *Internationalization – test results*

Test results (absorption & sound insulation) of license partners													
		Germany			Turkey			Israel			Switzerland		
ACOUSTIC PERFORMANCE ACC. TO EN 1793	A3	8 dB (d=18cm)			9 dB (d=20cm)			9 dB (d=18cm)			8 dB (d=18cm)		
	A4		12 dB *)										
	A5					18 dB *)			20 dB *)				
	B3			27 dB / 42 dB			27 dB / 42 dB			27 dB / 42 dB			27 dB / 42 dB

*) d=24cm (=20+4)

3. CONCLUSION

By the end of the development for the mix design called "V3b" all acoustic requirements (sound absorption and airborne sound insulation) and all requirements concerning statics and durability could be met. The gathered experience within the freeze-thaw resistance tests will be incorporated into the draft of ÖNORM B 3306-2, so that the first foundations for a uniform testing standard could be laid.

The question of whether the international license partners can also reach the same DL_α-values (sound absorption) in their national test laboratories, is still open at the present time. The durability-tests have been carried out directly by the foreign laboratories and had always a positive outcome.

For the development and testing of other innovative products, such as the low height noise barrier, pilot lines in Austria and Slovenia were held out in prospect by railway operators.

Further information and test reports are available under the following link: www.phonobloc.com

Acknowledgements

The investigations shown in the present paper have been carried out in the frame of the FFG-funded project "Ökologisch nachhaltiges Lärmschutzsystem".

References

[1] EN 1793-1 "Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 1: Intrinsic characteristics of sound absorption", 1997, CEN.

[2] EN 1793-2 "Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 2: Intrinsic characteristics of airborne sound insulation", 1997, CEN.

[3] European Commission (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. OJ L 189, 18/07/2002, Luxemburg 2002.

[4] EN 1520 "Prefabricated reinforced components of leightweight aggregate concrete with open structure with structural or non-structural reinforcement", 2011, CEN.

[5] ZTV-Lsw 06 "Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen ", 2006, Verkehrsblatt-Verlag.

[6] ÖNORM B 3306 "Scaling resistance test of prefabricated concrete products exposed to de-icing chemicals", 2005, ON.

[7] EN 14388 "Road traffic noise reducing devices - Specifications", 2005, CEN.

[8] Clairbois, Jean-Pierre (2012). QUIESST – Context and objectives of the research. http://www.quiesst.eu/images/stories/WP1_JPC_Quiesst_Final_Event.pdf (10.12.2012)

PRIKAZ HEAVEN DSS PROJEKTA EVROPSKE UNIJE ZA UPRAVLJANjE BUKOM OD SAOBRAĆAJA U GRADOVIMA EVROPE

Prof.dr Vesna Zlatanović-Tomašević, dipl.inž.arh.
vesnazlatanovic@Yahoo.com

Rezime: *Za urbanu celinu u skladu sa održivim razvojem, neophodno je uspostaviti upravljanje sistemom zaštite životne sredine, saglasno zakonima, propisima i standardima. Sistem zaštite životne sredine i zaštite od buke čine mere, uslovi i instrumenti, koje obezbeđuju subjekti zaštite čije se obaveze i odgovornosti sagledavaju u primeni postojećih zakona i propisa. U radu je dat prikaz projekta HEAVEN DSS, Saobraćaj i organizacione mere zaštite, koji primenjuje Direktivu 2002/49/EU za borbu protiv buke u gradovima za perod do 2016 godine.*

Ključne reči: *buka, saobraćaj,upravljanje bukom*

1. UVOD

Buka u gradovima nastaje iz mnogih izvora: vozova, aviona, brujanja građevinskih mašina i buka industrijskih pogona, saobraćaja na gradskim ulicama i autoputevima, čak i tehnika u stambenim zgradama (liftovi i dr.) i domaćinstvima (RTV tehnika i muzički instrumenti), praktično sve što okružuje čoveka doprinosi opštem nivou buke u gradovima. Najosnovniji šumovi dolaze sa gradskih ulica, koji u oblikovanju opšteg nivoa buke doprinose sa oko 80%. Za poslednjih deset godina nivo buke u velikim gradovima porastao je za 10-12 dBA. Kolone saobraćajnih sredstava na magistralama velikih gradova dostižu u proseku 2000-6000 vozila, na čas. Buka raste i sa povećanjem snage motora i sve većim brzinama kretanja vpzila. Trajno ili površinsko izlaganje buci od 90dB ili više, vodi gubitku sluha i oštećenju sluha više od miliona ljudi u svetu. Prema nacionalnom institutu za gluvoću i druge poremećaje u komuniciranju (National Institute on Deefness and Other Comunication Disorders), izlaganje jakim zvucima je dovelo do oštećenja sluha 10 miliona ljudi u SAD, a 30 miliona ljudi je izgubilo sluh zbog svakodnevne izloženosti štetnoj buci iz različitih izvora. Suzbijanje buke je jedan od najozbiljnijih zadataka u XXI veku.

Izbor saobraćajnog sistema ima neposredne efekte na karakteristike samog saobraćaja i dugoročno utiče na model korišćenja zemljišta i raspored urbanih finkcija koje se prilagođavaju različitim saobraćajnim funkcijama. Putnički automobili svojom brojnošću i dimenzijama stvaraju utisak da je smisao saobraćaja u gradovima u cirkulaciji vozila i obezbeđenju uslova za njihovo kretanje. Najmanje transportne učinke u gradskom prostoru ima putnički automobil, a angažuje najviće gradski prostor. Očekuje se da će 2050 godine u svetu biti milijardu putničkih automobila, imajući u vidu da se godišnje proizvodi oko 50 miliona vozila. Mobilnost je pokazatelj broja putovanja po stanovniku ostvaren prevoznim sredstvima u toku jednog dana ili godine i ona je u funkciji nivoa životnog standarda. Izbor saobraćajnog sistema ima neposredne efekte na karakteristike samog saobraćaja i dugoročno utiče na model korišćenja zemljišta i raspored urbanih finkcija koje se prilagođavaju različitim saobraćajnim funkcijama. Povećanje obima saobraćaja i njegove negativne posledice na životnu sredinu, mogu se ublažiti i sprečiti prvenstveno promenom u korišćenju prevoznog sredstva, od individualnog ka masovnom i minimiziranjem potreba za putovanjima.Kontrola tokova saobraćaja se vrši centralizovano preko organizovanih institucija i decentralizovano, po principu «malog obima» (nivo preduzeća, domaćinstva). Zbog propusta koji se mogu pojaviti, upravljanje tokovima se mora odvijati u kombinaciji oba sistema. Treba se držati dva osnovna principa u kontroli tokova saobraćaja: definisati kritične tačke i prilagoditi istim tehničke i administrativne mere.

Pri proceni uticaja saobraćaja na životnu sredinu u gradovima, treba obratiti pažnju na dve karakteristične zone: efekte saobraćaja u centralnim zonama grada i uticaj obilaznice na periferne zone grada. Uticaj urbanističkog planiranja na saobraćaj u zaštiti životne sredine se postiže: zoniranjem, povećanjem gustine, korišćenjem kapaciteta kontinualno izgrađenog tkiva, lociranjem radnih mesta uz linije javnog saobraćaja i dr.

Savremeni urbanistički koncept favorizuje kombinovanje odnosno mešavinu namena, stanovanje sa delatnostima, veće privredne zone na lokacijama sa dobrim saobraćajnim vezama i obaveznim razvojem javnog gradskog saobraćaja. Planeri i projektanti ulične mreže u cilju zaštite životne sredine moraju, pored kolovoza za saobraćajnu funkciju - transport, da obrate naročitu pažnju i kod planiranja i projektovanja trotoara uz kolovoz, pešačkih staza, zelenih traka, drvoreda i biciklističkih staza, a pri rekonstrukciji ulica na građevinske i regulacione širine i "ekološki kapaciteti", koji podrazumeva određeni nivo ograničenja obima saobraćaja da bi se održali potrebni standardi životne sredine.

Sistem zaštite životne sredine i zaštite od buke čine mere, uslovi i instrumenti, koji obezbeđuju subjekti zaštite čije se obaveze i odgovornosti sagledavaju u primeni postojećih zakona na nivou države, lokalne samouprave, preduzeća, preduzetnika,naučnih i drugih stručnih organizacija, drugih javnih institucija, grupe građana, njihovih udruženja, profesionalnih i drugih organizacija, koji su dužni da čuvaju i unapređuju životnu sredinu i koji su odgovorni za svaku aktivnost kojom menjaju ili mogu promeniti stanje i uslove životne sredine.Da bi se sagledao ceo proces upravljanja zaštitom životne sredine od buke neophodno je sagledati postupke koji se primenjuju za analizu određenje teritorije i to po fazama: analiza postojećeg stanja, dijagnoza stanja, definisanje problema, postavke za rešavanje problema, akcioni planovi i programi za rešavanje problema, realizacija i monitoring.

Da bi se ublažili uticaji buke na zdravlje ljudi, preduzimaju se mere zaštite od buke i to preventivne i sanacione mere saglasno. Preventivne mere su one koje su date u planovima i projektima objekta, gde predložena sredstva zaštite ne predviđaju mogućnost stvaranja buke, a sanacione mere su mere koje su parcijalne i ograničene na rešavanje problema, sanaciju pojedinih objekata ili sredstva. Analiza stanja životne sredine je prvi korak u prevenciji u procesu upravljanja zaštitom životne sredine kroz prostorne i urbanističke planove. Strateška procena uticaja i procena uticaja su analize stanja životne sredine postojećeg i planiranog stanja i služe za identifikaciju, eliminaciju i umanjenje negativnih uticaja planova i projekata na životnu sredinu i za donošenje odgovarajućih odluka. Ove procene imaju tri važna obeležja: održivost - preventivno sredstvo za zaštitu životne sredine, celovitost - usaglašenost sa utvrđenim ekološkim standardima i korist- uravnotežene i verodostojne informacije. Strateška procena uticaja je ustvari prošireni nivo analize uticaja na nivo politika, programa i planova razvoja i predstavlja sredstvo za integrisanje ekoloških aspekata u nacionalne, sektorske politike razvoja i lokalne planove razvoja, kroz identifikaciju potreba i mogućnosti razvoja u cilju održivog razvoja.

2. PRIKAZ PROJEKTA EVROPSKE UNIJE, HEAVEN - ZDRAVIJA ŽIVOTNA SREDINA PUTEM BORBE ZA ZAŠTITU OD EMISIJA IZDUVNIH GASOVA I BUKE VOZILA

U okviru programa: „ Tehnologija informativnog društva, Evropska zajednica (EZ=EU)“ je osnovala projekt: Healthier Environment tarough Abatement of Vehicle Emission and Noise – HEAVEN (Zdravija životna sredina putem borbe za zaštitu od emisija izduvnih gasova i buke iz vozila). HEAVEN je akronim naziva projekta (HEAVEN znači: raj, nebo, blagostanje).

2.1. Kratak pregled projekta

2.1.1. Glavna očekivanja

Cilj HEAVEN-a je da razvije i prikaže „Sistem podrške odluci (DSS)“ koji može da proceni efekte na životnu sredinu (kvaliteti vazduha i buke), obe emisije, prostiranje, prognoze i strategije koje zahteva upravljanje saobraćajem, TVMS = Transportation Bemand Menagement Strategu na prostranom urbanom području.

Putem primene HEAVEN DSS moguće je za gradove se u gradovima, u bliskom realnom vremenu, postignu opisi saobraćajne buke i situacija u životnoj sredini, procene efikasnosti na životnu sredinu primenjene strategije upravljanja saobraćajem (TVMS), omogući ekstenzivni scenario izračunavanja i procena efikasnosti na životnu sredinu, obaveste profesionalni korisnici i javnost o saobraćaju i situaciji u životnoj sredini,pomogne gradovima da utvrde usaglašenost sa difektivom EZ koja se odnosi na prikaz kvaliteta vazduha i buke i proceduru procene i pomogne donosiocima odluka u oblikovanju politike uz učešće javnosti.

Razvojem koncepta HEAVEN DSS, lokalni demonstrator DSS HEAVEN obezbeđuje kompletne rezultate koje mogu koristiti gradovi da ustanove „sredstva“ za podršku inicijativama koje razviju partneri HEAVEN-a. Zbirka sredstava HEAVEN sadrži, izneđu ostalog, koncept sistema za podršku odluka, refentni sistem arhitekture sa ostvarenim vezama koje nude fleksibilnost i mogućnost za povezivanje sa postojećim sistemima i podelama za korišćenje za razvijanje partnerstva za HEAVEN, primenu vrednovanja koja se odnosi na praćenje i modeliranje kvaliteta vazduha, buke i saobraćaja. Zahvaljujući svemu napred navedenom, izvedene su i prve analize uticaja saobraćaja na životnu sreduinu u 6 gradova u Evropi, za koje su zainteresovani gradovi u Južnoj Americi i na dalekom istoku.

2.1.2.Preporuke

Zahvaljujući iskustvu u HEAVEN-projektu, daju se najvažnije primenjene mere za smanjenje emisije zagađivanja vazduha i buke u vazduhu u gradovima:

1.Da se koriste inter-komparacioni modeli za ocenu učešća saobraćaja u zagađenju vazduha i buci;

2.Da se analiziraju emisije za zagrevanje vazduha uzrokovanog gradskim saobraćajem;

3.Da se interno uporede i dalje razviju iskustva koji se odnose na uticaj buke i zagađivanje vazduha koji su prouzrokovani gradskim saobraćajem;

4.Da se integrišu informacije o zagađivanju vazduha, buci i bezbednosti;

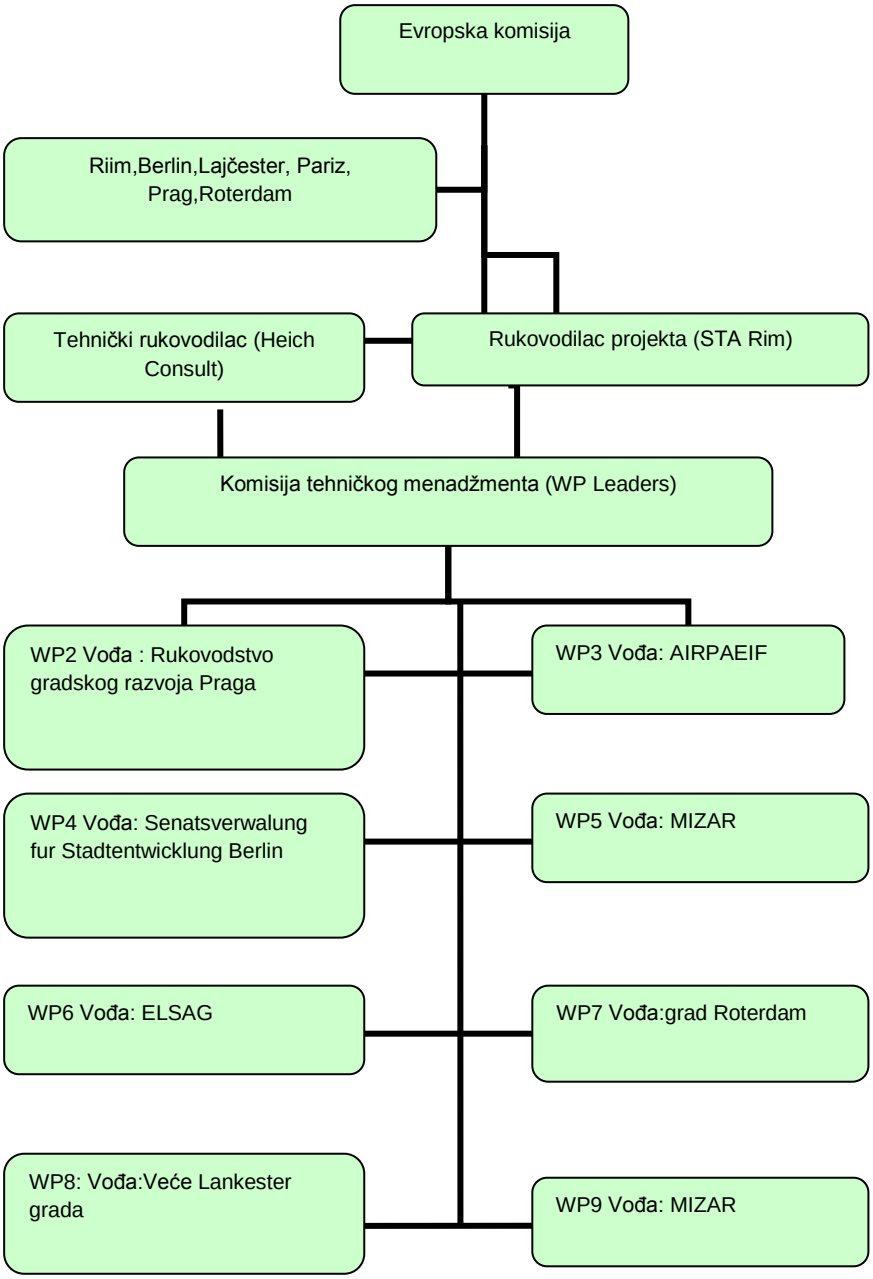
5.Da se interno uporede efikasnosti različitih mera u saobraćaju, u mnogim državama – članicama EZ, u kojima se primenjuju različite mere u saobraćaju da bi se smanjilo zagađenje vazduha i buke. Mere se prvenstveno odnose na kontrolu saobraćaja, uvođenje jednosmernog saobraćaja i smanjenje broja specijalnih vozila na putevima kao što su autobusi i kamioni.

6.Da se naglasi upravljanje životnom sredinom i saobraćajem na „vrućim tačkama“. Ovo nije važno samo sa gledišta regulative, već je i predmet interesovanja šire javnosti.

2.1.3. Sastav konzorcijuma

HEAVEN projekt – konzorcijum je rezultat ekspertiza, u oblasti saobraćaja i životne sredine, naučnih instituta, privatnog sektora, javnog sektora, TDMS-a (plativi parking, pristup kontrolisanim područijima, inicijative za putarine, itd).U projekat su uključeni gradovi : Berlin, Lajčester, Pariz, Prag (kao predstavnik gradova iz zemalja koje pristupaju EZ), Rim i Roterdam.

Učesnici konzorcijuma su javni sektor, industrijske kompanije, naučni i drugi instituti i konsultanti. U okviru javnog sektoa : Italija (Auto – savez), Holandija (grad Roterdam, Agencija za zaštitu životne okoline), Francuska (Air France, grad Pariz, Dreif/Sier), U.K. (Gradski savet Lajčestera), Češka R. (Prag – sektor za razvoj, Institut za informatiku Praga, institut za transportni inženjering). U okviru industrijskih kompanija: dve iz Italije, po jedna iz Nemačke, Švedske, Češke R. i Francuske. U okviru naučnih i drugih instituta: WHO (Italija), organizacije za primenjena naučna istraživanja (Holandija), Institut za istraživanja u saobraćaju (U.K.), Evropska Akademija za urbanu životnu okolinu (Nemačka). Od konsultantskih firmi: B and SU(Nemačka), Goudappel Coffeng (Holandija), MERCUR, Carte Blanche Conseil (Francuska), ACOAIR (Češka R.), Luca Persia (Italija). Glavni liferanti,podugovorači su : Heich Consult, Rupprecht Consult (Nemačka), Reg. Env. Centre for Central and Eastern Europe (Mađarska).Na slici 1. je data organizaciona struktura projekta koji je završen 2003 godine.



Slika 1. *Organizaciona struktura projekta koji je završen 2003 godine*

2.2. Ciljevi projekta

Cilj projekta je da se razvije i prikaže sistem za podršku u odlučivanju (Decision support system – DSS), koji može da proceni efekte zaštite životne sredine (kvalitet vazduha i buke i proračun disperzije) u urbanim sredinama, gradovima. Sama Strategija upravljanja u saobraćaju (Transportation Demand Management Strategies – TDMS) uključuje veliko urbano područije. Primene inovativne kombinacije strategije upravljanja u saobraćaju TDMS i integralnog Društva za Informativne Tehnologije (IST), omogućuje odziv razvoj i unapređenje kvaliteta života u evropskim gradovima, prvenstveno smanjenjem buke u saobraćaju i emisija koje zagađuju vazduh. Cilj procene efekta zaštite životne sredine je dat u okviru projektnih ciljeva: unapređenje baze za donošenje odluka putem integrisanog informisanja za ključne faktore zagađivanja; obaveštenje ključnih učesnika,aktera,uključujući i javnost, o stanju nivoa zagađenosti vazduha i buke i njihovom uticaju na zdravlje stanovnika; prezentacija podatka potrebnih stručnjacima za zdravlje i primena validnih podataka i njihovih efekata na zdravlje stanovnika sa zdravstvenim stručnjacima; utvrđivanje

konkretne koristi ovih mera za održivi gradski,urbani razvoj i kvalitet života u gradovima; prezentacija komercijalne vrednosti projekta; donošenje zaključka za primenu lokalnog akcionog plana za buku i kvalitet vazduha; sprovođenje zadataka i obaveza datih u projektu, kao i brojnih operativnih zadataka koji se odnose na istraživanje i fazu prikazivanja projekta radi njegovog definisanja.

2.3. Pristup

HEAVEN – konzorcijum je izabrao pristup za razvoj i prikazivanje, DSS, jer on ima u vidu kompleksnost projekta, na prvom mestu razvoj koncepta opšteg, sveobuhvatnog sistema. Prva faza projekta je praćena analizama potrebe korisnika, koji obezbeđuju bitan ulaz u sistem razvoja, a verifikacija sistema obezbeđuje sveobuhvatnost projekta. HEAVEN DSS projekat u realizaciji se prikazuje u šest koraka.

2.3.1. HEAVEN DSS koncept

HEAVEN DSS projekat kombinuje informaciju o saobraćajnom toku, za blisko realnno vreme, za modele emisije i disperzije - prostiranja za kvalitet vazduha i buku, učešćem pokretnih izvora. Da bi se ocenile emisije zasnovane na tekućim nivoima saobraćaja i informacija o životnoj sredini, prikupljanje podataka se bazira na planiranom saobraćaju i uslovima životne sredine i pre definisanja TDMS-a. Na slici 2. se opisuje HEAVEN DSS struktura blokova koji su povezani sa saobraćajem i životnom sredinom, njihovim modeliranjem i vezama i na taj način se obezbeđuje prikazivanje opšteg (generalnog) koncepta HEAVEN DSS.

Ovaj opšti koncept može ukratko da se opiše na sledeći način:

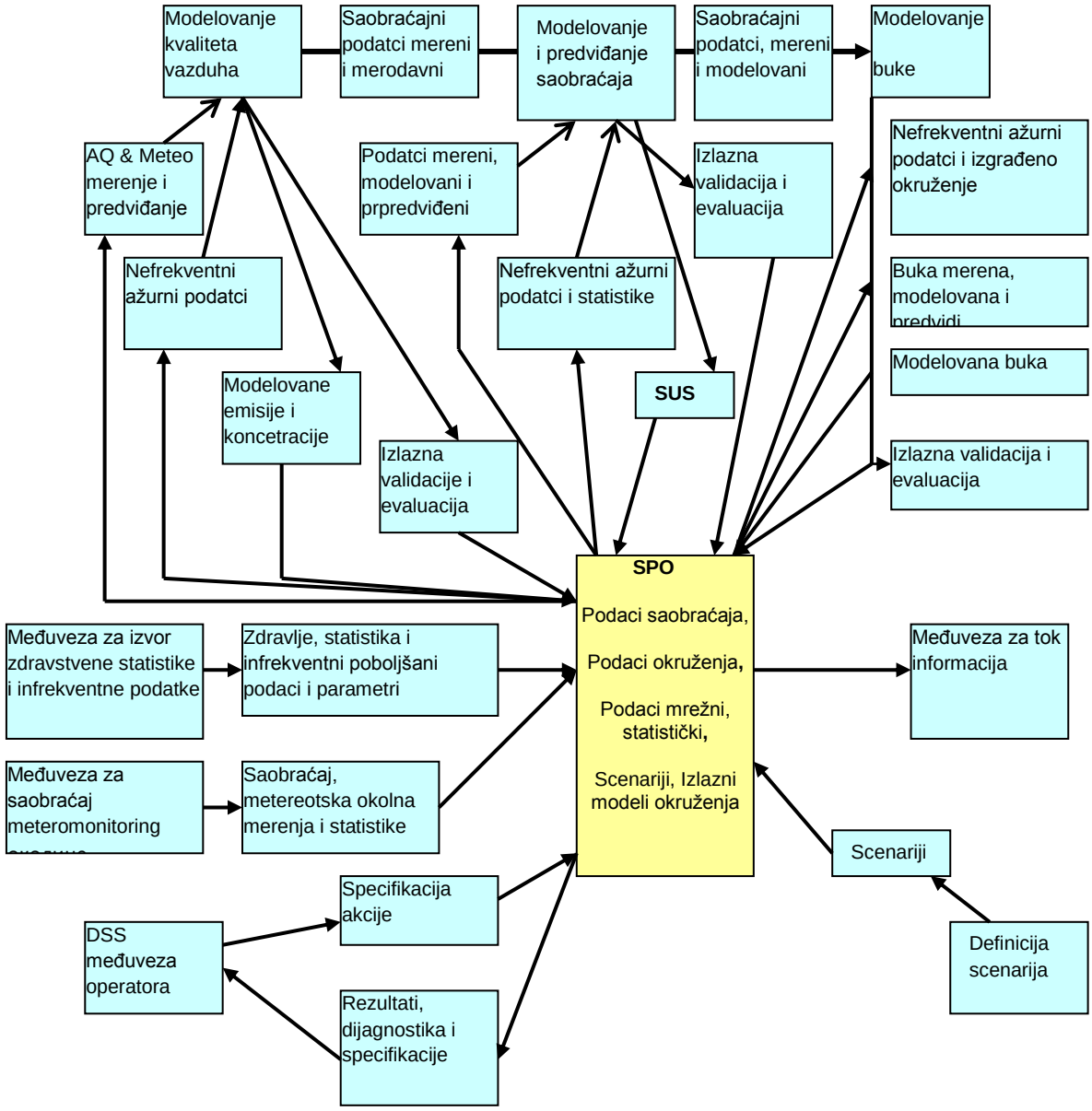
- TDMS je ugrađen u urbano područje i utiče na status saobraćaja u mreži. Saobraćaj je delimično izmeren putem detektora saobraćaja. Merenja u proceni statusa saobraćaja, u blisko realno vreme, su izvedena putem proširivanja mreže saobraćajnog modela. Dinamika prikazivanja saobraćajnih oblika je ulaz (input) u posledične modele životne sredine.

- Modeli emisije izračunavaju se za emisije koje se odnose na saobraćaj, za svaku vezu mreže, za broj primarnih zagađenja i bazirane su na izmerenim i modeliranim saobraćajnim karakteristikama. Mreža se odnosi na saobraćajne emisije koje su zatim hranjene-snabdevane u modelima disperzije, da bi se evidentirao kvalitet vazduha. Ovaj proces razmatra emisije iz stacionarnih izvora, zbog inventarisanja emisija i podataka o osnovnim (bazičnim) koncentracijama i zbog mreže monitoringa, kada su raspoložive. Zavisno od vrste i prostorne skale disperzivnog modela, ostali podaci (npr. topografski, meteorološki) mogu takođe biti korišćeni u modeliranju procesa.

- Model buke se pravi tako da se koristi više podataka saobraćajnog unosa, zajedno sa dodatnim informacijama, uključujući podatke o površini puteva, i podatke o fizičkim osobinama životne sredine (npr. o rastojanjima između zgrada, zaštitnim ogradama, odsjaju odražavanja itd.). Model buke takođe uključuje i informacije koje se odnose na nepokretne izvore.

- Uz DSS-u se koriste i blokovi kao što su „Saobraćajna uputstva“ i „Monitorin senzori za Meteorologiju, kvalitet vazduha i buku“ , podaci snabdevača. Ovi blokovi se razvrstavaju i prikazuju kao DSS veza između sistema, infrastrukture i monitoring sistema.

- Rezultati emisija kvaliteta vazduha i buke, zajedno sa modeliranjem, prognozama, monitoringom saobraćaja i ostalim podacima za životnu sredinu, učestvuju u građenju zajedničke formativne platforme HEAVEN sistema, kao i u procesu donošenja odluka. Sadržaj ove platforme je predviđen za slanje podataka profesionalnim korisnicima i javnosti, a specijalni kanal je predviđen za razmenu podataka sa zdravstvenim ustanovama-vlastima.



Slika 2. *Sistem zdravija životna okolina putem borbe za zaštitu od emisija izduvnih gasova i buke iz vozila-SPO- Sistem za podrršku odlučivanju; SUS-Strategija upravljanja zahteva u zahteva u saobraćaju - HEAVEN DSS*

2.3.2. Analize potrebne korisnicima

HEAVEN je projekt korisnika, u kome su razmatrane specifične potrebe evropskih gradova u oblasti monitoringa životne sredine i modeliranja. U analize potreba korisnika uključene su tri grupe korisnika, javna administracija, donosioci odluka i javnost. Već u ranoj fazi projekta, grupe korisnika su uključenje da analiziraju zahteve korisnika koji se odnose na: korišćenje sistema, potrebnih podataka, zahteve za tehničke performanse sistema, prihvatljivost korisnika, moguće sofver i hardver restrikcije i zakonske odredbe. Glavno sredstvo za analize potreba korisnika su korišćeni trodelni upitnici. Rezultati analiza potrebe korisnika obezbedili su potreban ulaza u proces razvoja sistema. Za vreme faze verifikacije projekta, manji broj izabranih korisnika je bio uključen u projekat da bi datim sugestijama o njihovim potrebama, projekat izišao u susret i bio u tom smislu modifikovan. Povratne iformacuje o vrednovanju projekta omogućile su

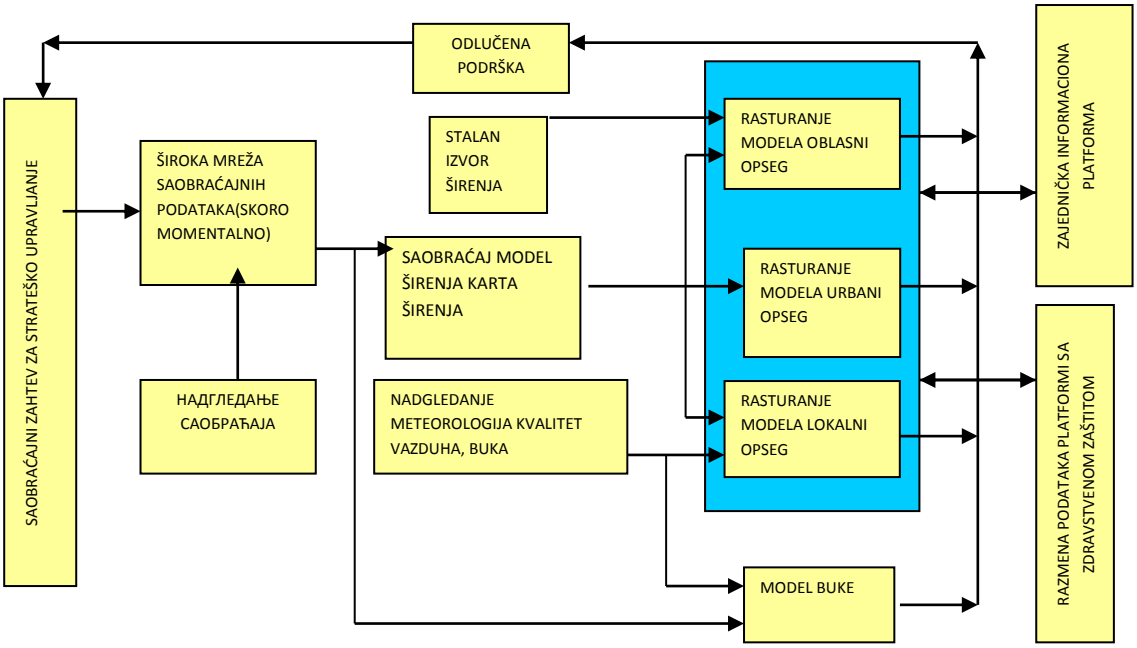
snabdevačima iz industrije da koriste sistem u vezi sa realnim potrebama, korišćenjem prototipa primene. U toku korišćenja projekta u projektu se predviđaju i povećani novčani izdatci korisnika u procesu razvoja, prikazivanja i vrednovanja projekta.

2.3.3. Razvoj sistema

Može se sa sigurnošću reći da su karakteristike HEAVEN DSS projekta izvedene iz sistema funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva, koji odražavaju potrebe korisnika, identifikovanih analiza i uključuju operacionalne i organizacione zahteve. Analize potreba korisnika obezbeđuju ekstenzivne i artikulisane zahteve za svakog DSS demonstratora i najvažnije osnovne razlike između projekata gradova. Osnovni organizacioni zahtevi sistema koji su prihvaćeni i razvijeni projektom planiranja su sledeći:

a) planirati najpre zajedno opšti sistem arhitekture koji je usklađen sa HEAVEN DSS i

b) izvesti kasnije lokalnu DSS arhitekturu iz zajedničke opšte arhitekture vodeći računa o osobenostima i karakteristikama gradova.



Slika 3. *Generalni koncept zdravija životna sredina-HEAVEN DSS*

Koncept zdravija životna sredina je prikazan na slici 3. na kojoj se prikazuju glavni funkcionalni blokovi HEAVEN DSS-a i tokovi podataka koji čine dinamički informacioni lanac između funkcionalnih blokova i DSS baze podataka. Iz ovog funkcionalnog dijagrama na najvišem nivou, DSS baza podataka je zamišljena kao kompletan set svih podataka sistema, uključujući aktuelni sistem baze podataka, koji skladišti unete podatke, unete podatke u međuvremenu i iznošenje podataka iz DSS-a. U skladu sa ovim konceptom, DSS DB obavlja elementarne funkcije organizovanja podataka, arhiviranje i ispravljane grešaka koje nisu jasno utvrđene u DSS funkcionalnim blokovima koje prihvata baza podataka.

Postoje tri različite kategorije DSS veza - interfejsa: veze za saobraćaj, meteorologiju i monitoring životne sredine, koje ostvaruju veze sa respektivnim sistemima praćenja-motoring, da bi se obezbedili podatci za evidenciju, organizaciju i skladištenje DSS DB merenja, procenu i statistike iz sistema. Veze su i sa izvorima zdravstava, statistike i pojedinih noveliranih podataka, koji predstavljaju set procedura za hranjenje DSS DB

podacima. Preko veza za informativne tokove podataka, koje je neophodno izvući iz DSS DB informacije, obezbeđuje se zajednička platforma korisnika, da bi se dobile informacije u obliku koji očekuju korisnici kojima su namenjene. Integracijom nasleđenih sistema i modela, HEAVEN projekat predstavlja veliki potencijala za korisnike, a DSS veza koja sa korisnikom podržava aktivnosti operatora koje se odnose na DSS održavanje i rad. Utvrljene su tri glavne skupine sub-funkcija: prezentacija i upravljanje informacijama; intervencija operatora i procena rezultata scenarija.

2.3.4. Sistem verifikacije

HEAVEN verifikacija je bazirana na zajedničkom verifikacionom konceptu koji zahteva da su indikatori mereni na isti način, ili u najmanju ruku kompatibilni sa rezultatima gradova. Najvažnije je da zajednički indikatori verifikacije imaju u vidu glavni proces, protok podataka i skladištenje podataka što je definisano DSS-om. Indikatori su grupisani u tri glavne teme verifikacije: ispitivanje fizičkog funkcionisanja sistema; preliminirano prihvatanje korisnika; preciznost modeliranja i monitoringa povšine puta. U projektu su uneti i rezultati preciznog modeliranja i monitoringa površine kolovoza i opisa u gradovima. Rezultati istraživanja su pokazali da su različiti modeli u gradovima brižljivo odabrani i prilagođeni za specifične situacije.

2.3.5. Prikazivanje (demonstracija)

Posle završetka rada na HEAVEN sistemu, njegovom razvoju i sistemu verifikacije prototipova, HEAVEN je stavljen u funkciju i ispitivanje u realnim uslovima u svih 6 gradova koji su deo projekta: Berlin, Rim, Pariz, Prag, Roterdam i Lajčester. Opštih ciljevi projekta prikazani u gradovima su: tretiranje HEAVEN DSS pod postojećim uslovima; obezbeđenje baze za procenu svih korisnika, i korišćenje sistema za ocenu uticaja DTMS, sredstvima HEAVEN DSS. Primena projekta HEAVEN-a u gradovima je omogućila da se sagleda kako HEAVEN DSS radi u praksi i kako projektovani sistemi učestvuju u unapređenju planiranja saobraćaja i zaštite životne sredine u gradovima koji su učestvovali u projektu.

2.3.6. Procena (evaluacija)

Ključnu ulogu za korisnike HEAVEN proizvoda, finansijere, operatore i provajdere, je procena dobijenih rezultata koji omogućavaju da se projekt verifikuje i primenjuje na nivou gradova. Jedan od najvećih izazova u okviru procene je, da je postignuta puna saglasnost između tima za procenu koncepta, opšteg uticaja, indikatora, operacionih metoda, i ostalih specifičnosti procene. Dva glavna gledišta koja su razmatrana u stvaranju zajedničkih baza za procenu su: definicija uticaja i zajedničkih indikatora za sve gradove; potrebni neophodni indikatori za merenje u svim gradovima na isti način,odnosno da svi rezultati za gradove budu uporedivi.

Za procenu projekata definisani su sledeći glavni uticaji:

Uticaj 1: Poboljšanje opisa tekuće situacije u životnoj sredini;

Uticaj 2: Poboljšanje analiza scenarija životne sredine;

Uticaj 3:Unapređenje pristupa i kvaliteta informacija o životnoj sredini, podeljene u: Uticaj 3a: Za profesionalne korisnike i Uticaj 3b: Za ostale korisnike, javnost;

Uticaj 4: Unapređenje institucijalne saradnje i

Uticaj 5: Povećanje podrške planiranju gradova na bazi zaštite životne sredine (za merenje ovih uticaja je definisano 24 indikatora zajedno sa zajedničkom procenom potrebnih sredstava).

Tim za procenu je sumirao glavne rezultate procene: HEAVEN je uspešan projekat, jer je sistem omogućio dobijanje prihvatljivih i primenjivih sredstva za podršku ključnih aktera u njihovom donošenju odluka, koje se odnose na saobraćaj, kvalitet vazduha i buku; HEAVEN DSS projekat je razvio i prikazao procenu uticaja u životnoj sredini (TDMS) koja omogućava donosiocima odluka podatke o kvalitetu životne sredine u zajedničkom HEAVEN depozitu podataka, uključujući i varijable, rezultate testova iz saobraćaja i scenarija

upravljanja; da ključni akteri u planiranju urbanih problema, uključujući i opštu javnost, mogu da budu brzo informisani o tekućem stanju kvaliteta vazduha kao i o nivoima buke, što će im omogućiti da donose odluke; da HEAVEN dopušta donošenje zaključka u odnosu na akcione planove koji bi se primenjivali na lokalnu buku i kvalitet vazduha u saglasnosti sa važećom legislativom EU i da su svi analizirani uticaji za procenu bili dostupni (bilo da su parcijalni ili kompletni).

2.4. Rezultati i dostignuća projekta

2.4.1. HEAVEN DSS

Glavno dostignuće HEAVEN projekta je jasan razvoj i uspešno prikazivanje i procena HEAVEN DSS-a i primena u realnim životnim uslovima. HEAVEN DSS je koristio varijante postojećih softver sredstva. To je jedan integrisani, modularni sistem koji podržava „taktičke“ i „strategijske“ odluke. Putem primene HEAVEN DSS moguće je da gradovi dobiju: opise o saobraćaju i životnoj sredini u urbanim aglomeracijama; izvede ekstenzivno izračunavanje scenarija i TDMS strategije i obaveste profesionalni korisnici i javnost o saobraćaju i situaciji u životnoj sredini; pomogne gradovima u utvrđivanju teškoća sa primenom Direktiva EU za kvalitet vazduha i buke i prikazivanja procedura za procenu; pomigne donosiocima odluka u formulisanju politika i učešću jevnosti. HEAVEN DSS obezbeđuje konkretne održive perspektive i unapređenje kvaliteta života u gradovima smanjivanjem buke i zagađivanja vazduha iz saobraćaja. HEAVEN DSS podržava evropske gradove u primeni postojećih i budućih legislativa EU za kvalitet vazduha i buku.

2.4.2. HEAVEN

Kroz razvoj koncepta HEAVEN DSS i primenom na lokalnom nivou DSS, HEAVEN je proizveo dragoceni set rezultata da bi podržao korišćenje inicijativa koje su preduzete i razvijene od strane HEAVEN partnera. Glavne karakteristike projekta HEAVEN su opisani u pet glavnih tačaka.

2.4.2.1. HEAVEN DSS koncept i prezentacija

Glavni proizvod je HEAVEN DSS sam po sebi, koji je jedno napredno sredstvo koje omogućava donošenja odluka: olakšavanjem uticaja upravljanja strategijom saobraćaja; integrisanjem saobraćaja i životne sredine legislativnim sistemima i omogućavanjem kvaliteta vazduha, saobraćaja i upravljanja informacijama za blisko realno vreme.

HEAVEN DSS demonstratori su omogućili primenu DSS koncepta sa specifičnostima i rešenjima koje zavise od karakteristika i svojstva gradova. Takav koncept omogućava delimičnu ili kompletnu primenu na druge gradove da se primenjuje i subjekat je eksploatacionih namera partnera projekata.

2.4.2.2. HEAVEN DSS referense arhitekture

HEAVEN DSS referense arhitekture su dobijene analizama potreba korisnika i tehničkim zahtevima uzimajući u obzir modularnost i prenosivost glavnih predmeta rasprave, što je obezbeđeno otvorenim vezama interneta, koje nude fleksibilnost i olakšanje integracije sa postojećim sistemima i modelima kao i budućim.

2.4.2.3. Novi modeli poboljšavanja saobraćaja i životne sredine

Primena HEAVEN DSS koncepta u gradovima je u skladu sa lokalnim potrebama. U posebnim slučajevima u nekim gradovima su usvojeni postojeći modeli sobraćaja i životne sredine, da bi novi modeli bili ograničeni. Modeli su bili poboljšani i prilagođeni realnim podacima saobraćaja, meteorologije i životne sredine. Ono što je važno je da su modeli zasnovani na podacima realnog vremena za saobraćaj i životnu sredinu i budućim kapacitetima, da su moguća noveliranja i da su omogućene i promene u statističkim kasnijim prosecima.

Svi gradovi su prihvatili date modele za početak realizacije projekta na urbanom području, a u dva grada je saobraćaj bio modeliran na regionalnim područijima, a modeli su mogli da uzmu u obziri zatvaranja lokalnih regija kao i kapacitete ograničenja. Modelirani podaci su dati na bazi časova (sati).

2.4.2.4. Modeli integracija i operacionalnih šema

Primena HEAVEN DSS koncepta u navedenim gradovima je sa različitim šemama vezivanja i šemama koje nisu vezane za centralni računar. Kompleksnost ovih šema zavisi od karakteristika sistema i modela koji su uključeni. Visoki nivo kompleksnosti postignut je u Lajčester-u gde su širom zemlje, regionalno, gradski i lokalno proimenjeni on-line i off-line modeli.

2.4.2.5. Razvoj programa (Software)

Primena različitih demonstartora vodi takođe tome da se za gradove razviju specifični programi, što treba imati u vidu za neku buduću mogućnost i novu realnosti, što je slučaj i sa vezama sa legistlativom sistema,sa postojećim i novim saobraćajnim monitoringom i kontrolnim sistemima, monitoring sistemima za kvalitet vazduha, buku i meteorologiju, i sa budućim modelima koji zahtevaju primenu specifičnih softverskih veza. Kao rezultat realizacije projekta je razvijen značajan set kompjuterskih veza koje mogu da budu uključene u realizaciju pošto su fleksibilne za prilagođavanje, kao što su on-line i off-line podaci, zatim mogućnosti različite preciznosti podataka i baze podataka i operacionalni interfejsi bazirani na zajedničkoj budućnosti.U gradovima su razvijene mogućnosti vezane za zajednički koncept koji podrazumeva razvoj „oruđa“ koje je sposobno ne samo da prikazuje dijagrame izlaznih sistema, već i da podrži sisteme upravljanja, rezultate analize on-line, TDMS definicije i procene, definicije scenarija, informacione platforme i uzajamne akcije HEAVEN DSS-a sa građanima i vlastima pomoću specifičnih medija,za podršku konceptu koji je usaglašen sa Arhauskom Konvencijom.

2.4.3. Scenariji i TDMS

U pilot projektima za 6 gradova rađena su vrednovanja scenarija projekta HEAVEN DSS-a i TDMS-a radi procene i ocene u vezi sa, bukom saobraćaja, zaštitom životne sredine, meteorologijom i zajedničkim kriterijumima. Dati su primeri scenarija pilot projekta za rešavanje problema buke od saobraćaja evropskih gradova: Londona, Pariza, Berlina, Rima i Praga, koji su prvenstveno vezani za saobraćajne mere koje se zasnivaju na promeni brzine vozila, proceni ograničenja brzine, načinu parkiranja i njihovih šema, i promeni smera uličnih mreža za perod do 2016 godine.

a) Londona

Osnovna mera je ograničenje saobraćaja jer u primeni Zakona o smanjenju drumskog saobraćaja iz 1997. godine, alternativa „ograničenje saobraćaja“ nije prihvaćena i štete su bile više milijardi funti godišnje, pa je kao najpogodniji scenario za izlečenje situacije uvedena naplata korišćenja ulične mreže u centalnom jezgru, zatim mere za smirivanje saobraćaja, kontrolu parkiranja i rešenje po kome se daje prioritet javnom prevozu u saobraćaju.

b) Pariz

Osnovna mera je uvođenje primenje Evropske nacionalne inicijative „Dan bez ijednog vozila „ koja se u sprovodi svakog 22 septembra, kao i sprovođenje odvojenih linija autobusa na tri najprometnije ose (saobraćaja – RF).

c) Berlin

Ovde su primenjene sledeće mere: dugotrajan gradski scenario 2005, Euro III protok; dugotrajan gradski scenario 2010, Euro IV protok; ograničenje brzine na 30 km/sat za period od 1 jula do 26 avgusta 2002.god.i zabrana za kamione uključujući i zobilazni put ko od 26 avgusta do 15 septembra 2002.god.

d) Rim

Primenjena je restrikcija pristupa za automobile bez katalizatora i zatvaranje glavnih puteva, na jednom delu centra grada.

e) Prag

Primenjeno je rešenje dato u Generalniom planu za 2010.godinu, nasuprot alternativnom kružnom putu i redukcija brzine sa 70 na 50 km/h, kao i uvođenje jednosmernog Smichow saobraćaja u centralnom gradskom jezgru.

Sistem HEAVEN DSS projekta koji je primenjen u gradovima Berlin, Lajčester, Pariz, Prag, Rim i Roterdam je ocenjen i korišćen za izračunavanje ekscesivnog scenarija različitih strategija TDMS-a, što je bilo prioritetno i za procenu troškova primene. TDMS je tako bio procenjen uključivanjem akcija za smanjenje brzine vozila, ograničenje tokova saobraćaja i stvaranje tzv. zatvorenih zona u centralnim gradskim jezgrima. Set urađenih scenarija za vrednovanje projekta, omogućava formiranje važne osnove za sve koji su zainteresovane za to.

3. ZAKLJUČAK

Do izrade projekta HEAVEN DSS, izrada projekta zaštita životne sredine od saobraćaja u gradovima je bila vezana: za dostupna iskustva i saznanja o saobraćaju i njegovim uticajima na životnu sredinu; za postojeću opremu za praćenje, saobraćajne senzore; za postojeći program, modele, za saobraćaj i životnu sredinu; za međusobne veze istih bez uzimanja u obzir realnog vremena između, sredstava, modela i primene; za ograničeni kapacitet informisanja zainteresovanih o situaciji koja se odnosi na saobraćaj i životnu sredinu i za ograničenu institucionalnu saradnju između zainteresovanih partnera.

Naučno tehnološki kvalitet i inovacija prikazanog projekta je omogućio da se unapredi i učiniti efikasnijim korišćenje dostupnih izvora kao i savladaju teškoće ograničenjem jednog integrisanog IST sistema za blisko realno vreme, zatim ocene uticaji na životnu sredinu uglavnom izazvane saobraćajem na urbanim područjima. Glavne inovacije HEAVEN DSS sistema su: razvoj integrisanog sistema za podršku odlučivanja, ispitivanje efekata TDM strategije na životnu sredinu i ocena nivoa zagađenosti na „vrućim tačkama“ u bliskom realnom vremenu; integracija u realnom vremenu podataka o saobraćaju iz velikog broja uličnih mreža u procesima modeliranja životne sredine; integracija podataka u realno vreme, sa praćenja životne sredine procesima modeliranja; prerada postojećih modela radi predviđanja prosečnih godišnjih koncentracija, i precizno prognoziranje modelom maksimalnih koncentracija, kako se zahteva u novim direktivama EU; unapređenje institucijalne saradnje, saobraćaja, životne sredine i zdravstvenih institucija; uspostavljanje platforme podataka za procenu zdravstvenih efekata prouzrokovanih efektima životne sredine promenjene delovanjem saobraćaja; uspostavljanje baze podataka za informisanje profesionalnih korisnika i javnosti, o saobraćaju i situaciji u životnoj sredini u realno blisko vreme u vezi sa zahtevima Arhaus Konvencije.

Literatura

[1] Project funded by the European Community Under the – «Information Sociaty Technology»-Programme (1998-2002), HEAVEN- IST-1999-112444, Healthier Environment through Abatement-of Vehicle Emission and Noise, Publishable Final Report, Covering period 17 January 2000-17 st March 2003,(25.3.2004)

[2] Project Deliverables D8. 7 – D8. 12

ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У ЈАВНОМ ПРЕДУЗЕЋУ „ПУТЕВИ СРБИЈЕ”

Биљана Вуксановић, дипл.грађ.инж.
Јавно предузеће „Путеви Србије“, Београд
Ђорђе Митровић[1], дипл.грађ.инж.
Јавно предузеће „Путеви Србије“, Београд
Мимоза Јеличић, маст.геог.
Јавно предузеће „Путеви Србије“, Београд
Душица Милинковић, дипл.пр.план
Јавно предузеће „Путеви Србије“, Београд
Ивана Матић, **маст.еколог**
Јавно предузеће „Путеви Србије“, Београд

Резиме: *У раду је дат приказ активности које су предузимане у циљу разрешењу односа пута и животне средине у Републици Србији од доношења закона 1991. године до данас, а кроз рад Јавног предузећа „Путеви Србије“. Од оснивања посебног Одељења за заштиту животне средине у саставу Сектора за стратегију, пројектовање и развој у Јавном предузећу „Путеви Србије“ 2006. године до 2011. године доминантна активност је била праћење израде студија о процени утицаја путева на животну средину. Од 2011. године, тежиште се пребацује на израду упутстава и приручника за различите аспекте заштите животне средине у путној привреди. План је да се, до 2015. године, везано за умањење утицаја друмског саобраћаја на ниво буке, за ванградске деонице на мрежи државних путева Србије са ПГДС-ом преко 6 милиона возила, израде стратешке карте буке. На иницијативу Европске агенције за заштиту животне средине, прате се годишње емисије гасова из друмског саобраћаја који утичу на глобалне климатске промене, коришћењем модела COPERT IV. Праћење стања животне средине (мониторинг) у путном појасу је приоритет у раду Одељења за заштиту животне средине у наредном периоду.*

Кључне речи: *Заштита животне средине, студије, ЈП „Путеви Србије“, стратешке карте буке, праћење стања животне средине*

Keywords: *Environmental, Enviromental Impact Assessment , Public Enterprise "Roads of Serbia", strategic noise maps, monitoring*

[1] Аутор задужен за коресподенцију: djordje.mitrovic@putevi-srbije.rs

1. Увод

Крајем децембра 2004. године, Народна Скупштина Републике Србије усвојила је сет закона из области заштите животне средине. Усвајањем ових закона успостављени су контролни механизми који омогућавају да се пројекти, планови и програми израђују на начин који у потпуности обезбеђује очување и заштиту животне средине, здравље људи, природних и културних добара. Током 2004. године Јавно предузеће „Путеви Србије", тадашња Републичка дирекција за путеве Србије, одлучила се на успостављање мање Јединице за заштиту животне средине која је одговорна за дефинисање планова и програма, мониторинг, вредновање и комуникацију. Ова јединица је до краја 2006. године функционално деловала у оквиру Одељења за планирање и развој. Законом о јавним путевима („Сл. гласник РС", број 101/05,123/07,101/11 и 93/12) и претходно усвојеним законима у области заштите животне средине, повећана је одговорност и обавеза ЈП „Путеви Србије" на унапређењу животне средине у путном сектору Србије и условљено је формирање посебног Одељења за заштиту животне средине у оквиру Јавног предузећа „Путеви Србије".

2. Активности одељења за заштиту животне средине у ЈП „Путеви Србије"

Заштита животне средине је значајан сегмент у току изградње, експлоатације, одржавања и самог присуства путне инфраструктуре у активностима ЈП „Путеви Србије". Сходно Закону о јавним путевима („Службени гласник РС" **,** број 101/05, 123/07,101/11 и 93/12, члан 83, став 2.) јавни путеви морају да се планирају, пројектују и граде тако да се планска и техничка решења ускладе са најновијим знањима технике пројектовања и изградње јавних путева, са захтевима безбедности саобраћаја, са економским начелима и мерилима за оцену оправданости њихове изградње и са прописима о заштити животне средине, тако да штетни утицаји на средину због очекиваног саобраћаја буду што мањи[2]. У својој стратегији и плановима за очување животне средине ЈП "Путеви Србије" се ослања на Националну стратегију одрживог развоја Републике Србије („Сл. гласник РС", бр 57/08), Стратегију развоја железничког, друмског, водног, ваздушног и интермодалног транспорта у Републици Србији од 2008.г. до 2015.г, Национални програм заштите животне средине, („Сл. гласник РС", бр 12/10), Националну стратегију за укључивање Републике Србије у механизам чистог развоја Кјото протокола („Сл. гласник РС", бр 8/10) и друге акте.

Политика заштите животне средине ЈП „Путеви Србије" има за циљ смањење негативног утицаја путног сектора на окружење и спроводи се кроз надзор над пројектовањем и имплементацијом мера заштите животне средине у процесу пројектовања, изградње, одржавања, реконструкције и рехабилитације путева. Сходно томе, политика подразумева праћење реализације програма, планова и пројеката у путном сектору и спровођење поступка процене утицаја пројекта на животну средину, сагласно важећој законској регулативи која се односи на ову област. Реализација мера заштите које су предвиђене Студијама о процени утицаја на животну средину подразумева израду главног пројекта заштите животне средине који садржидетаљну разраду мера заштите и праћење стања животне средине током изградње и експлоатације. У оквиру политике заштите животне средине спроводи се и координација при изради просторних и урбанистичких планова у делу који се односи на стратешке процене утицаја на животну средину.

Носилац активности на заштити животне средине у ЈП „Путеви Србије" је Одељење за заштиту животне средине које ради у оквиру Сектора за стратегију, пројектовање и развој. Полазна основа за рад одељења су закони везани за област заштите животне средине. Одељење се бави имплементацијом и прилагођавањем искустава из других земаља, спровођењем поступака процене утицаја на животну средину у свим фазама пројектног циклуса, припремом техничких упутстава и студија изводљивости везано за различите аспекте заштите животне средине, координацијом при изради просторних и урбанистичких планова у делу који се односи на стратешке процене утицаја, прикупљањем података о квалитету животне средине у фази изградње, експлоатације и редовног одржавања путне мреже и другим активностима. Инжењери - специјалисти за заштиту животне средине формулишу политику и стратегију развоја управљања животном средином на путевима, у средњорочном периоду. Баве се развијањем метода и оперативним техникама за подизање еколошке

[2] Закону о јавним путевима („Службени гласник РС" , број 101/05,123/07,101/11 и 93/12)

свести на нивоу политике, програма, пројеката, као и на оперативном нивоу. Одељење припрема и организује перманентну обуку инжењерског кадра ЈП „Путеви Србије“, пројектаната, надзорних органа и извођача радова, као и стручна усавршавања и информисање о заштити животне средине. Такође, организује мулидисциплинарне тимове за проверу стања заштите животне средине на путевима, ради на припреми упутстава и приручника у циљу дефинисања процедура којима се обезбеђује потребан ниво квалитета радова и студија о процени утицаја. На основу индикатора животне средине на путевима, Одељење редовно информише претпостављене о тренутном стању као и о конкретним акцијама које ЈП „Путеви Србије“ треба да предузме како би се побољшала заштита животне средине на путевима, кроз све фазе пројектних циклуса путних пројеката. Током инспекцијских контрола, обезбеђује се квалитетна комуникација и упознавање републичких инспекцијских органа са мерама које ЈП „Путеви Србије“ предузима у складу са законским обавезама.

Одељење даје пуну подршку међународним организацијама из ове области и активно учествује у обављању свих активности везаних за заштиту животне средине и у пројектима који се финансирају од стране међународних финансијских институција (WB, EBRD, EIB, SIDA) Такође остварује сарадњу и са надлежним институцијама из области заштите животне средине, пре свега са надлежним Министарством, Заводом за заштиту природе Србије, Заводом за заштиту споменика културе, надлежним републичким инспекцијским органима итд.

3. Степен улагања у заштити животне средине у ЈП „Путеви Србије

Степен улагања у заштити животне средине у ЈП „Путеви Србије“ може се сагледати на основу броја реализованих пројеката у које су укључени процена утицаја на животну средину, мера заштите и мониторинга, објављених упутстава, смерница, приручника и текућих пројеката.

Процена утицаја на животну средину у правном систему Републике Србије је обавезна за изградњу аутопутева, а може се захтевати и за друге путне пројекте, сагласно очекиваним утицајима на животну средину у окружењу пројекта, а нарочито уколико се исти изводе у заштићеном природном добру и у заштићеној околини непокретног културног добра. Израда студије процене утицаја подразумева низ активности као што су мерења на терену, прикупљање и систематизовање података, прибављање дигитализованих топографских подлога и обрада узорака у акредитованим лабораторијама, на основу којих се раде пројекције утицаја пута на животну средину. У циљу заштите евентуалних природних и културних добара, неопходно је прибавити услове и сагласности надлежних институција. Сви сакупљени подаци се обрађују, приказују текстуално и графички и служе као основа, тј. базно стање животне средине. При избору трасе пута води се рачуна о локацијама које су на било који начин заштићене, било да се ради о природном добру или археолошком локалитету. Изградња пута и његова каснија експлоатација неминовно доводе до трајних промена у простору и циљ студије је да прикаже какве ће те промене бити и начине на које ће се оне ублажити. У те сврхе се врши моделовање утицаја са циљем да се утврде прогнозне вредности концентрација одређених загађивача у унапред дефинисаним имисионим тачкама. Имисионе тачке су појединачне локације или групе стамбених објеката у непосредном окружењу пута у којима може бити нарушено стање животне средине услед егзистенције будућег пута. Осим анализе утицаја, сагласно законима из области заштите животне средине, обавезно се у оквиру студије обрађује и поглавље које се бави праћењем стања животне средине током експлоатације пројекта. Праћење стања животне средине (мониторинг) у путном појасу представља систематско мерење, испитивање и оцењивање индикатора стања и загађења животне средине, односно праћење параметара животне средине (вода, ваздух, земљиште итд). Праћење стања животне средине омогућава добијање информација од значаја за предузимање одговарајућих мера заштите како би се спречила или смањила даља загађења животне средине и успоставио систем раног упозоравања и заснива се на примени усвојеног пројекта мониторинга. Важно је истаћи да се по добијању Решења о сагласности на студију не окончава процес процене утицаја пројекта на животну средину. Напротив, добијањем Решења о сагласности се окончава само прва фаза у читавом низу активности које се морају предузети у циљу професионалног и квалитетног испуњења захтева заштите животне средине у путним пројектима. Треба истаћи да се најважнији сегмент ове процедуре налази управо у фази реализације пројекта и имплементацији пројектом предвиђених решења.

Од оснивања посебног Одељења за заштиту животне средине у саставу Сектора за стратегију, пројектовање и развој у Јавном предузећу „Путеви Србије" 2006. године, па све до 2011. године доминантна активност је била праћење израде студија о процени утицаја путева на животну средину. Спровођење поступка процене утицаја на животну средину, који је прецизно дефинисан важећом законском регулативом која се односи на ову област, је сложен и дуготрајан процес. Процена утицаја на животну средину представља превентивну меру заштите животне средине засновану на изради студије и спровођењу консултација уз учешће јавности, са циљем да се прикупе подаци и предвиде штетни утицаји путног пројекта на живот и здравље људи, природна и културна добра. Реализоване су 34 студије за низ деоница на путним правцима Е–75, Е–80, Београд-Јужни Јадран и за обилазнице око градова. Број добијених Решења о сагласности по деоницама приказан је у табели 1:

Табела 1. Решења о сагласности на студију о прецени утицаја на животну средину

Путни правац	*Решења о сагласности*
Е-75	*14*
Е-80	*5*
Е-763	*12*
Државни путеви I и II реда	*4*

Остварена је сарадња Одељења са међународно финансираним институцијама у изради Извештаја о заштити животне средине на коридору X, (Final EIA Report), аутопут Е-75, деоница Грабовница – граница БЈРМ[3] и Извештаја о заштити животне средине на коридору X, (Final EIA Report), аутопут Е-80, деоница Просек – Димитровград (граница Бугарске)[4], који су у потпуности усклађени са обимом и садржајем који је прописан Оперативном Политиком Светске Банке (ОП/БП 4.01). Наиме, на састанку представника Европске Банке за обнову и развој (EBRD), Европске инвестиционе Банке (EIB) и Светске Банке (WB) који је одржан 17. октобра 2008. у Луксембургу, Влади Србије, односно ЈП „Путеви Србије" су биле дате препоруке везане за спровођење активности на основу којих су донете одлуке поменутих банака о прихватању пројекта и одобрењу кредита за финансирање аутопутног правца, на деоници од Грабовнице до Левосоја и на деоници од Просека до границе Бугарске. Три банке су међусобно постигле договор да се током реализације предвиђених активности, у делу који третира питања заштите животне средине као меродавне усвајају процедуре Светске Банке (WB Procedures BP 4.01; WB Operational Policy OP 4.01). Посебно је анализиран аспект заштите животне средине и од ЈП „Путеви Србије" је било тражено да се постојеће израђене студије интегришу у јединствену целину – односно да се припреми Извештај о заштити животне средине на нивоу крака коридора X, за деоницу аутопута Е–75 од Грабовнице до Левосоја и Извештај о заштити животне средине на нивоу крака коридора Xc, за деоницу аутопута Е–80 од Просека до границе Бугарске. Додатно, у делу Извештаја који обрађује потенцијалне прекограничне утицаје пројекта и кумулативни утицај пројекта на животну средину тражено је да се у разматрање узму и додатне две деонице аутопута (Левосоје – Букуревац и Букуревац – граница БЈРМ).

Током 2009. године, као један од добро планираних и остварених циљева заједничког трогодишњег рада стручњака у оквиру сарадње на "Twinning пројекту" ЈП "Путеви Србије" и Шведске путне администрације – "CHPA", (2004-2007.год.) у областима одржавања путева, безбедности саобраћаја, управљања путевима и мостовима и заштите животне средине објављен је приручник „Заштита животне средине у сектору путева".[5] Овај приручник упућује на начин примене процене утицаја на животну средину, методологије процене утицаја на животну средину у оквиру сектора путева, процену еколошких егфеката и праксу израде програма заштите животне средине. Приручник представља интерно упутство Јавног предузећа „Путеви Србије".

У складу са законским обавезама, током 2009. и 2010. године урађена је Студија изводљивости техничких мера смањења штетног утицаја буке од друмског саобраћаја на одабраним деоницама државних путева.[6] При пројектовању, грађењу и реконструкцији објеката саобраћајне инфраструктуре, а у складу са Законом за заштиту од буке у животној средини („Сл. гласник РС", бр. 36/2009 и 88/2010) и Законом о јавним путевима („Сл. гласник РС", бр. 101/05, 123/07, 101/11 и 93/12), носилац пројекта

[3] http://documents.worldbank.org/curated/en/2009/05/10680955/serbia-corridor-x-highway-project-environmental-assessment-vol-1-3-preliminary-design-e-75-highway-nis-border-fyrm-section-grabovnica-border-fyrm
[4] http://documents.worldbank.org/curated/en/2009/05/10681091/serbia-corridor-x-highway-project-environmental-assessment-vol-2-3-preliminary-design-e-80-highway-nis-dimitrovgrad-section-prosek-border-bulgaria
[5] http://www.putevi-srbije.rs/strategijapdf/prirucnikzzs.pdf
[6] http://www.putevi-srbije.rs/strategijapdf/studija-izvodljivosti-smanjenja-stetnog-uticaja-buke.pdf

дужан је да спроведе мере звучне заштите, односно изгради објекте и опрему за заштиту од буке. Проблем саобраћајне буке је локални проблем директно повезан са просторним и урбанистичким планирањем. Утицај саобраћајне буке на затечене стамбене објекте дуж постојећих путева је битно погоршан током последњих десет година услед енормног пораста саобраћаја. Техничке мере заштите од буке које се примењују у ЕУ представљају начин да се отклоне или умање негативни утицаји буке на здравље страновништва. Студија изводљивости техничких мера смањења штетног утицаја буке од друмског саобраћаја на одабраним деоницама државних путева је израђена како би се дефинисала имплементација техничких решења не само са инжењерског, већ и економског аспекта. Кроз овај документ анализирано је смањење негативног утицаја друмског саобраћаја на животну средину, прилагођавање путне инфраструктуре предеоном и културном окружењу, контрола буке на најфреквентнијим саобраћајницама и смањење емисије буке у најугроженијим локацијама. Студија у оквиру обрађиване проблематике посебно указује на методолошки приступ и стандардну терминологију, дефиниције и појмове у области акустике, а посебно звучне заштите, садржи дефиницију садашњих и будућих вредности емисије саобраћајне буке, карте буке као значајан показатељ проблематике и општи приказ могућих решења заштите од буке са становишта улагања и трошкова. Специфични циљеви израде Студије су били да се утврде просторне, еколошке, друштвене, финансијске, тржишне и економске оправданости инвестиција за извођење техничких мера смањења штетног утицаја буке од друмског саобраћаја на одабраним деоницама државних путева и стручног основа за доношења одлуке о оправданости улагања и покретању поступка за издавање одобрења за уградњу техничких мера заштите буке на постојећим путевима.

Као резултат G2G пројеката (који за циљ има јачање односа између владиних тела Холандије и нових држава чланица, земаља кандидата за пријем у Европску Унију), који су реализовани током 2011. године, урађене су и објављене на сајту ЈП „Путеви Србије" две публикације „Упутство за кориснике нуспроизвода и употребу секундарних сировина у изградњи путева" и извештај о реализацији пројекта „Смањење саобраћајне буке у Србији", на српском и енглеском језику. Пројекат „Смањење саобраћајне буке у Србији"[7] представља израз сарадње холандске и српске владе у размени искустава и знања. На основу ове размене би требало да ефективна имплементација предложених мера за заштиту од буке буде спроведена од стране српских компанија и коришћењем српских материјала. Док „Упутство за кориснике нуспроизвода и употребу секундарних сировина у изградњи путева"[8] даје смернице за употребу секундарних грађевинских материјала попут шљаке, електрофилтерског пепела и рудне јаловине из рудника у инфраструктурним пројектима. Усвајањем Правилника о условима и начину сакупљања, транспорта складиштења и третмана отпада који се користи као секундарна сировина или за добијање енергије („Сл. гласник РС", бр. 98/10), пепео је дефинисан као секундарна сировина и дата је законска основа за управљањем пепелом. Захваљујући тој чињеници, могуће је смањити употребу великих количина природних грађевинских материјала (тла, песка, шљунка и дробљеног камена), уместо њих употребити летећи пепео, а истовремено и смањити површине одлагалишта пепела и шљаке. Употреба летећег пепела је и економски оправдана због уштеде средстава у односу на грађевински материјал пореклом из природних извора.

Техничко упутство о процени утицаја на животну средину[9] које је објављено 2012. године, јасно дефинише поступке и корелацију између различитих нивоа техничке документације, као и прецизну терминологију, усаглашену са законским и подзаконским актима. Техничко упутство даје основне смернице које се односе на процес израде планске документације и извештаја о стратешкој процени утицаја и детаљне смернице које се односе на поступак израде техничке документације (генералног и идејног пројекта) и процене утицаја на животну средину (анализе утицаја и студије о процени утицаја) у циљу ефикаснијег спровођења поступка процене утицаја код надлежних органа за послове заштите животне средине и квалитетније израде документације чији је предмет процена утицаја пројеката из области путног сектора на животну средину. Упутство је намењено циљним групама корисника, пројектантима, инвеститорима и обрађивачима стратешких процена, анализа утицаја и студија о процени утицаја на животну средину.

Закон о заштити животне средине од буке („Сл. гласник РС", бр.36/2009 и 88/2010) и пратећа подзаконска акта (једна уредба и пет правилника), која су донета у периоду октобар-новембар 2010. године, у потпуности су транспоновали Директиву 2002/49/ЕЗ (Директива о процени и управљању буком у животној средини) у законодавство Србије. Једна од новина које је донео Закон је израда

[7] http://www.putevi-srbije.rs/pdf/smanjenje_saobracajne_buke_na_putevima_g2g10_projekat.pdf
[8] http://www.putevi-srbije.rs/pdf/primena_elektrofilterskog_pepela_u_putogradnji_g2g09_projekat.pdf
[9] http://www.putevi-srbije.rs/pdf/tehnicko_uputstvo_procena_uticaja_na_zivotnu_sredinu.pdf

стратешких карата буке. Стратешке карте буке представљају стање буке у животној средини. Из карата се могу очитати места на којима је ниво буке виши од дозвољеног и те карте служе као основа за израду акционих планова за заштиту становништва од буке. Одељење за заштиту животне средине током 2011. и 2012. године било је активно укључено у пројекат G2G „Имплементација Директиве о заштити од буке 2002/49/ЕЗ“, које је водило Министартво енергетике, развоја и заштите животне средине (тадашње Министарство животне средине, рударства и просторног планирања) у сарадњи са Министартвом економских односа, пољопривреде и иновације Холандије. План је да се до 2015. године, везано за умањење утицаја друмског саобраћаја на ниво буке, за ванградске деонице на мрежи државних путева Србије са ПГДС-ом преко 6 милиона возила, израде стратешке карте буке. Путеви са припадајућим саобраћајем спадају у групу највећих загађивача и сходно томе неопходно је предузети адекватне кораке у планирању и пројектовању, а у складу са законском регулативом у овој области, како би се негативан утицај пута на животну средину свео на најмању могућу меру. Самостални чланови Закона о изменама и допунама Закона о заштити од буке у животној средини („Службени Гласник РС” бр.36/2009 и 88/2010), чланом 13. прецизиран је рок за израду стратешких карата буке за главне путеве са просечним годишњим протоком саобраћаја већим од 6.000.000 возила, најкасније до 30. јуна 2015. године. Истим чланом је прецизиран рок за израду стратешких карата буке за главне путеве са просечним годишњим протоком саобраћаја већим од 3.000.000 возила, најкасније до 31. децембра 2020. године. Стратешке карте буке користиће се као основа за израду акционих планова заштите од буке у животној средини и као средство за обавештавање јавности о нивоу буке у животној средини и штетним ефектима.

Праћење стања животне средине у путном појасу је приоритет у раду Одељења за заштиту животне средине у наредном периоду. Праћење стања животне средине у путном појасу представља систематско мерење, испитивање и оцењивање индикатора стања и загађења животне средине, односно праћење параметара животне средине (вода, ваздух, земљиште итд). Праћење стања животне средине омогућава добијање информација од значаја за предузимање одговарајућих мера заштите како би се спречила или смањила даља загађења животне средине и успоставио систем раног упозоравања и заснива се на примени усвојеног пројекта праћења стања животне средине за поједине деонице пута. Њиме се дефинише програм мерења у фази редовне експлоатације и одржавања за сваки параметар животне средине посебно, одговарајуће законске основе које се односе на поступке узорковања и мерења, методе извођења, локације места за узорковање, време узорковања и временска дужина узорковања. План праћења стања животне средине у току изградње и експлоатације пута је неопходан ради провере ефикасности пројектованих мера заштите, као и резултата моделовања утицаја. Пројект треба да дефинише потребу, поступак, места и динамику узимања узорака површинских и подземних вода, ваздуха, нивоа буке, стање флоре и фауне.

На иницијативу Европске агенције за заштиту животне средине, пратиће се годишње емисије гасова из друмског саобраћаја који утичу на глобалне климатске промене, коришћењем модела COPERT IV. Студија о процени емисија загађујућих материја у атмосферу од саобраћаја на државним путевима I и II реда коришћењем модела COPERT IV омогућиће формирање информационог система мониторинга утицаја друмског саобраћаја на квалитет ваздуха у Републици Србији кроз праћење количина емитованих загађујућих материја. Овај информациони систем задовољиће потребе израде дела годишњег Извештаја о стању животне средине у Републици Србији, који се односи на емисије из мобилних извора.

Стратегија биолошке разноврсности Републике Србије за период од 2011. до 2018. године („Сл. Гласник РС“, бр. 13/11) дефинише нивое угрожених врста, типове станишта, генетичку разноврсност, као и притиске и директне факторе угрожавања биодиверзитета. Стратегија такође представља систем заштићених подручја, еколошке мреже, заштићене врсте и остала заштићена природна добра и промовише информисаност и учешће јавности.[10] Утицај саобраћајног сектора на биљни и животињски свет и заштићена природна добра може се сагледати и у раним фазама планирања, кроз Стратешке процене утицаја на животну средину и кроз Претходне анализе утицаја на животну средину, али и кроз друге видове докумената, као што су: републичке и локалне стратегије развоја, планове транспортног сектора, документа Агенције за заштиту животне средине, планове управљања заштићеним врстама и природним добрима и различите студије. Мере заштите животињског и биљног света, као и значајних природних целина од утицаја пута и саобраћаја дефинишу се у фази процене утицаја на животну средину, паралелно са израдом идејног пројекта. Студија о процени утицаја, као

[10] Јавно предузеће „Путеви Србије“ (2012) *7.4. Пролази и прелази за животиње*. Пројекат рехабилитације транспорта, Република Србија. Приручник за пројектовање путева у Републици Србији Вол. 7: 19 п.

резултат овог процеса, са придруженим условима надлежног Завода за заштиту природе, представља основу за израду Главног пројекта заштите животне средине. У ЈП „Путеви Србије“ сегмент заштите природе на нивоу пројектовања детаљно третира у Студијама о процени утицаја на животну средину где се приказује стање, значајни утицаји и мере заштите биљног и животињског света. У случајевима када се за неки пројекат не ради Студија о процени утицаја на животну средину, прописују се минималне мере заштите и поштују услови прописани у документима вишег ранга, као што је Извештај о стратешкој процени плана или програма на животну средину. У Главном пројекту се разрађује пројекат заштите животне средине на основу Студије, детаљно приказују техничка решења за заштиту и прецизира план праћење стања животне средине, надлежности и одговорности.

4. Закључак

Путна инфраструктура представља систем који стратешки, временски, просторно, еколошки, технички и инвестиционо снажно трансформише, како природне, тако и социјалне компоненте простора. Циљ заштите животне средине у сектору путне привреде је усклађивање потреба друштвене заједнице за транспортом људи и добара са обезбеђивањем услова реализације друмског саобраћаја, који ће у најмањем обиму угрозити егзистенцију становништва са аспекта животне средине. Адекватан методолошки приступ праћења стања животне средине у путном појасу у оквиру надлежности ЈП „Путеви Србије“, при изградњи, експлоатацији, редовном одржавању, рехабилитацији и реконструкцији државних путева је један од приоритетних задатака у будућем периоду. Оптимално управљање путевима у функцији превенције негативних утицаја на животну средину неопходно је предвидети и ускладити са капацитетом средине, како би се очувала животна средина и за будуће генерације. Право грађана на здраву животну средину посебно је наглашена и утврђена чланом 74. у Уставу Републике Србије, али и дужност грађана да штите и унапређују животну средину у складу са законима. У Србији постоји више од 130 законских прописа који регулишу област заштите животне средине и природе. У овим прописима углавном су имплементиране савремене стратегије, стандарди и конвенције које се примењују у свету. Треба настојати да се ови бројни законски прописи спроведу и у пракси.

Литература

[1] Закону о јавним путевима („Службени гласник РС“ , број 101/05)

[2] http://documents.worldbank.org/curated/en/2009/05/10680955/serbia-corridor-x-highway-project-environmental-assessment-vol-1-3-preliminary-design-e-75-highway-nis-border-fyrm-section-grabovnica-border-fyrm

[3] http://documents.worldbank.org/curated/en/2009/05/10681091/serbia-corridor-x-highway-project-environmental-assessment-vol-2-3-preliminary-design-e-80-highway-nis-dimitrovgrad-section-prosek-border-bulgaria

[4] http://www.putevi-srbije.rs/strategijapdf/prirucnikzzs.pdf

[5] http://www.putevi-srbije.rs/strategijapdf/studija-izvodljivosti-smanjenja-stetnog-uticaja buke.pdf

[6] http://www.putevi-srbije.rs/pdf/smanjenje_saobracajne_buke_na_putevima_g2g10_projekat.pdf

[7] http://www.putevi-srbije.rs/pdf/primena_elektrofilterskog_pepela_u_putogradnji_g2g09_projekat.pdf

[8] http://www.putevi-srbije.rs/pdf/tehnicko_uputstvo_procena_uticaja_na_zivotnu_sredinu.pdf

[9] Јавно предузеће „Путеви Србије“ (2012) 7.4*. Пролази и прелази за животиње*. Пројекат рехабилитације транспорта, Република Србија. Приручник за пројектовање путева у Републици Србији Вол. 7: 19 п.

ZAŠTO PEPEO JOŠ NIJE UPOTREBLJEN U PUTNOM INŽENJERSTVU I KAKO GA UPOTREBITI

Vladeta Vujanić[1]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com
Simo Tošović[2]
Geomehanika, 11000 Beograd, Dobropoljska br.21; e-mail: simo.tosovic@gmail.com
Svetlana Jotić[3]
11000 Beograd, Nikolaja Gogolja br.88; e-mail: ceca153@hotmail.com

Rezime: *U radu se prikazuju tehnički uslovi i mogućnost primene pepela.*

Ključne reči: *Pepeo, stabilizacija, optimatizacija.*

1. UVOD

Prošlo je više od 7 godina od realizacije istraživačko razvojnog projekta „IRP-a“, kojim je izvršeno kompletno ispitivanje pepela, direktno iz proizvodnje TE „Nikola Tesla“ iz Obrenovca i TE iz Kostolca, kao „potencijalne“ sirovine za ugradnju u trup puta. Ispitivanje pepela po usvojenom programu IRP-a, je za potrebe Investitora, J.P. „Putevi Srbije“ uradio Zavod za geotehniku Instituta za puteve ad Beograd, u saradnji sa Češkom firmom „Geotehnika“ iz Praga. Dobijeni rezultati ovih ispitivanja su pokazali, da se pepeo i šljaka iz tekuće proizvodnje (gore), navedenih termoelektrana, mogu koristiti za izgradnju trupa puta, ulica i drugih saobraćajnih objekata u niskogradnji **bez posebnog ograničenja**, ukoliko se ispoštuju određene procedure i upustva koji su derfinisani u IRP-u. Do ovakvih i sličnih rezultata, odavno se došlo u mnogim zemljama Evrope i sveta: Velikoj Britaniji, Poljskoj, Nemačkoj, Češkoj, Holandiji i Sjedinjenim Američkim Državama, gde je primena njihovih pepela i šljake našla široku upotrebu pri izgradnji puteva i drugih objekata, uz sve tehničke i ekonomske dokaze. Na ovaj način, **te zemlje su se rešile u potpunosti**, ili većim delom svojih deponija, koje su svakako, ekološki balast jedne zemlje.

Nažalost kod nas, bez obzira na ovde navedene (i dokazane) rezultate, sem sporadičnih pokušaja, **nije bilo sistematskog pristupa ovom problemu**, samim tim, **nije došlo ni do ozbiljne primene pepela i šljake u putnoj privredi**.

Zašto je to tako i šta stoji kao prepreka upotrebi naših pepela i šljake u putogradnji i drugim objektima? Na ova i neka druga pitanja, autori će pokušati da našoj stručnoj javnosti, **kroz ovaj rad daju neke odgovore**.

2. GDE SMO SADA

Iako smo u XXI veku, nalazimo se na početku, kada je ova problematika u pitanju. Postavlja se suštinsko pitanje, kako i pod kojim uslovima možemo upotrebiti naš pepeo i šljaku pri gradnji puteva?

Odgovor je, JOŠ NIKAKO, zato što se, ništa što je predloženo u IRP-u, **do sada nije realizovalo**, misli se, pre svega na izradu probne deonice, zatim izradu tehničkih uslova za ugradnju pepela i izmenu i dopunu zakonske regulative, kojom bi se regulisala ova materija.

Delimično opravdanje za kašnjenje izrade probne deonice (kao prvog koraka u tome), moglo se između ostalog naći u remontu termoelektrana, Obrenovac i Kostolac, kao i u kašnjenju u izradi silosa za smeštaj pepela. Međutim, ovi remonti su sada gotovi ili privedeni kraju.

Za sve ostalo, što čini prepreke u masovnoj primeni pepela i šljake u građevinarstvu (uopšte), posebno u putarstvu, a koje se ogledaju u nedostatku motivacije zainteresovanih korisnika, **razlog je sledeći:**

- Nejasne klasifikacije pepela i šljake u **domaćoj zakonskoj regulativi**, koje regulišu pitanje otpada.
- Otežane i spore birokratske procedure, **kroz koje je**, bilo koji korisnik pepela i šljake **prinuđen da prođe**.

[1] Vladeta Vujanić e-mail: v.vujanic944@gmail.com

- Neodgovornost (često i neozbiljnost), svih onih koji na bilo koji način utiču **na donošenje odluke o upotrebi pepela i šljake**, odnosno, neshvatanje i nerazumevanje značaja razmere problema.
- Različiti interesi određenih – konkurentskih grupa (lobija), **koji su zainteresovani za ugradnju skupih i dragocenih prirodnih materijala**, kao što su šljunak, pesak ili drobljeni kamen (**na račun sekundarnih materijala,** koje guraju na rub primenljivosti), za koje često ne plćaju poreze i dažbine, a čiji proizvođači ne rade po ekološkim standardima.
- Ustaljene navike gradnje, bez želje izvođača za primenu novih materijala i primenu (savremenih) tehnologija gradnje u putarstvu i šire.
- Nedostatak bilo kakvih **državnih podsticaja** za korisnike pepela i šljake.
- Tolerisanje **medijske kampanje**, koja navodi na pogrešne zaključke o korišćenju pepela i šljake, pozivajući se na moguće ekološke opasnosti izazvane primenom ovih materijala (zagađenje, radijacija i dr...).
- Negativne i neopravdane reakcije predstavnika cementne industrije **na inacijative obaveznog korišćenja pepela i šljake** u značajnim građevinskim projektima, pogotovu u putarstvu.

Za razliku, kako je kod nas, inostrana iskustva su sasvim drugačija. Tamo se na najbolji način podržavaju korisnici pepela i šljake u građevinarstvu (uopšte), posebno u putnoj i drugoj infrastrukturi. **Ta podrška se ogleda u sledećem**:

- Zabranjuje se odlaganje pepela i šljake od strane države. **Preferira se njihovo korišćenje**, gde ima potrebe i gde se može, **a odlaganje se smatra krajnom merom**.
- Izvode se državni projekti **kao glavni podsticaji** za korišćenje pepela i šljake.
- Organizuje se dobar marketing i komunikacija o pepelu i šljaci, **između tehničke branše i javnosti**.
- Angažuju se proizvođači pepela i šljake u procesima, **vezanim za evropsko zakonodavstvo** kao zainteresovana strana.
- Vrši se usklađivanje **lokalne regulative sa regulativom Evropske unije**.

Na sve ovo, kao i na druga pitanja iz urađenog IRP-a, u više navrata smo, ukazivali na organizovanim okruglim stolovima, tribinama ili savetovanjima, te posebnim sastancima, gde se raspravljalo o ovoj problematici. Ali na žalost, bez većih efekata, **da se prevaziđu i otklone sve prepreke** koje su do sada kočile početak primene pepela i šljake, **pre svega, u putogradnji.**

Ipak, celokupna ta aktivnost nije, ostala bez ikakvih rezultata. Naime, posle više sastanaka svih zainteresovanih za ovu problematiku, formirana je radna grupa (telo) koju su sačinjavali njihovi predstavnici (u čijem radu su učestovali, i autori ovog rada), uz koordinaciju stručne službe Privredne komore Srbije, **čiji je zadatak bio da se sačini i pripremi odgovajuća uredba**, koja bi regulisala ovu materiju, a koju bi usvojila vlada Srbije. Posle rada na tome, zadnje tri godine, došlo se do predloga te uredbe, **koju ovom prilikom, u celosti objavljujemo**.

Predlog uredbe je dostavljen nadležnom Ministarstvu Vlade Srbije na dalju proceduru.

3. PREDLOG UREDBE O KORIŠĆENJU ELEKTROFILTERSKOG PEPELA I ŠLJAKE U GRAĐEVINARSTVU – PUTOGRADNJI I NISKOGRADNJI

Na osnovu člana 74. i člana 123. Ustava Republike Srbije; Zakona o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik RS“, broj 135/2004 i broj 36/09); Zakona o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine („Službeni glasnik RS“ 135/2004); Zakona o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS“, broj 135/2004 i broj 88/10); Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS“, broj 135/2004) i Zakona o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS“, broj 36/2009 i 88/10).

Vlada donosi

U R E D B U

O korišćenju elektrofilterskog pepela i šljake
u građevinarstvu – putogradnji i niskogradnji

Član 1.

Ovom uredbom propisuje se obavezno korišćenje elektrofilterskog pepela i šljake, kao sekundarne sirovine iz termoelektrana i termoenergetskih postrojenja u građevinarstvu – putogradnji i niskogradnji.

Član 2.

Pojedini izrazi upotrebljeni u uredbi imaju sledeće značenje:

1. **Leteći pepeo i šljaka su sekundarne sirovine,** koje nastaju sagorevanjem uglja u termoelektranama i termoenergetskim postrojenjima.
2. **Otpad** jeste svaka materija ili predmet sadržan u listi kategorija otpada (Q lista) koji vlasnik odbacuje, namerava ili mora da odbaci, u skladu sa zakonom.
3. **Skladištenje otpada** jeste privremeno čuvanje otpada na lokaciji proizvođača ili vlasnika otpada, kao i aktivnost operatera u postrojenju opremljenom i registrovanom za privremeno čuvanje otpada.
4. **Životna sredina** jeste skup prirodnih i stvorenih vrednosti čiji kompleksni međusobni odnos čine okruženje, odnosno prostor i uslove za život.
5. **Zagađenje životne sredine** jeste unošenje zagađujućih materija ili energije u životnu sredinu, izazvano ljudskom delatnošću ili prirodnim procesima koje ima ili može imati štetne posledice na kvalitet životne srdine i zdravlja ljudi.

Član 3.

Cilj ove uredbe je da se u okviru upravljanja otpadom i održivom korišćenju prirodnih resursa, uspostavi sistem za obavezno korišćenje elektrofilterskog pepela i šljake, kao sekundarne sirovine iz termoelektrana i termoenergetskih postrojenja i njihovo masovno korišćenje u izgradnji i rekonstrukciji saobraćajnica: puteva, ulica i drugih saobraćajnih površina i izradu drugih objekata u niskogradnji.

Član 4.

Investitori, državna i privatna preduzeća koja finansiraju izradu novih projekata saobraćajnica kao i saobraćajnica na kojima će se obavljati rekonstrukcija i rehabilitacija, dužni su da u skladu sa članom 1. ove uredbe zahtevaju projektna rešenja i tehničke uslove u kojima je predložena izrada pojedinih elemenata ili objekata saobraćajnica sa elektrofilterskim pepelom i šljakom.

Član 5.

Tehnički uslovi korišćenja elektrofilterskog pepela i šljake, kao putno građevinskog materijala Republike Srbije moraju biti usklađeni sa Evropskim standardima i tehničkim uslovima, koji se primenjuju u zemljama Evropske unije.

Član 6.

Termoelektrane i termoenergetska postrojenja u Srbiji, koja koriste ugalj za proizvodnju energije dužna su da obezbede skupljanje i privremeno skladištenje elektrofilterskog pepela i šljake, koja će se koristiti, kao materijal za proizvodnju građevinskog materijala i šire.

Član 7.

Specijalizovana građevinska preduzeća za projektovanje, izgradnju, rekonstrukciju i rehabilitaciju saobraćajnica, dužna su da u svojim projektima i/ili svojoj tehnologiji izgradnje, predvide primenu odgovarajućih tehnologija za ugradnju elektrofilterskog pepela i šljake, kao putno građevinskog materijala, u skladu sa čl.1 ove Uredbe.

Član 8.

Ministastvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja dužno je da predloži odgovarajuće stimulacije, koje se koriste kod upravljanja sekundarnim sirovinama, kako za proizvođače tako i za korisnike elektrofilterskog pepela i šljake u svim slučajevima gde se ovi materijali koriste za proizvodnju građevinskog materijala.

Član 9.

Ova uredba stupa na snagu osmog dana od objavljivanja u Službenom glasniku Republike Srbije.

U Beogradu.....godine

VLADA

OBRAZLOŽENJE

U termoenergetskim postrojenjima Republike Srbije godišnje se troši oko 41 miliona tona lignita. Otpad dobijene energije **stvara 5-6 miliona tona elektrofilterskog pepela i šljake.** Stvorena sekundarna sirovina, elektrofilterski pepeo i šljaka, se odlažu na deponiju u neposrednoj blizini termoelektrana, velikih rečnih tokova i naseljenih mesta.

Deponije elektrofilterskog pepela dobijenog sagorevanjem lignita u termoelektranama **zauzimaju preko 1500 ha plodnog zemljišta**. Ukupne količine do sada deponovanog pepela, **procenjuju se na oko 200 miliona tona**, pa je pepeo i šljaka za sada najzastupljeniji otpadni materijal u Republici Srbiji.

Deponije pepela i šljake stvaraju niz problema, koji se posebno negativno odražavaju na životnu sredinu. Naime, zbog male zapreminske mase, pepeo se lako prenosi vazdušnim strujanjima i rasejava, tako da na taj način, direktno kontaminira vazduh, tlo, biljni svet i površinske vode, a indirektno i podzemne vode. S druge strane, kroz tela deponija pepela i šljake, usled proceđivanja atmosferskih voda i voda kojima se održavaju „vodena ogledala" na površini deponija može doći do kontaminacije tla i podzemnih voda. **Svi navedeni negativni uticaji direktno ugrožavaju ekosistem na jednom širem prostoru**.

Da bi se sprečili navedeni negativni uticaji koji proističu od letećeg pepela, **treba učiniti poseban napor** za iznalaženje rešenja njegove racionalne primene i zaštite životne sredine.

Na bazi svetskih iskustava, **najpovoljnije i najracionalnije rešenje je**, primena elektrofilterskog pepela i šljake u građevinarstvu, proizvodnji građevinskog materijala, izgradnji puteva i niskogradnji.

J.P. „Putevi Srbije" je u toku 2007. godine **finansiralo istraživačko razvojni projekat** „Korišćenje elektro-filterskog pepela i šljake proizvedenih u termoelektranama „Nikola Tesla A i B" i termoelektranama „Kostolac A i B" za potrebe putogradnje".

Sva istraživanja i ispitivanja na letećim pepelu i šljaci sprovedena su na uzorcima iz tekuće proizvodnje, a imala su za cilj **sagledavanje mogućnosti primene pri izgradnji autoputa Beograd – Južni Jadran**, koji će prolaziti pored termoelektrane TENT A i B.

Projekat je urađen u Institutu za puteve, ad Beograd u **Zavodu za geotehniku**, a u saradnji sa češkom firmom "Geotehnika" iz Praga. Naime, Republika Češka je značajan proizvođač električne energije na bazi sagorevanja lignita, a ima i tridesetogodišnje iskustvo u korišćenju elektrofilterskog pepela i šljake u izgradnji puteva.

Njegovo korišćenje je veoma uspešno, tako da se sav proizvedeni pepeo koristi za izradu saobraćajnica, **pa se deponije letećeg pepela i šljake više ne formiraju**.

Sva laboratorijska istraživanja i ispitivanja u navedenom – istrživačkom razvojnom projektu, obavljena su u akreditovanim laboratorijama Instituta za puteve ad Beograda, laboratorijama „Geotehnike" iz Praga i drugim akreditovanim laboratorijama u našoj zemlji. Laboratorijska ispitivanja letećeg pepela i šljake, **obavljena su prema evro propisima i standardima i tehničkim uslovima**, koji se primenjuju u Evropskoj uniji.

Rezultati dobijeni istraživačko razvojnim projektom su pokazali da se elektrofilterski pepeo i šljaka iz tekuće proizvodnje iz termoelektrana „Nikola Tesla A i B" i termoelektrana „Kostolac A i B" , **pri tačno definisanim uslovima mogu koristiti u izgradnji donjih strojeva puteva, ulica i drugih objekata u niskogradnji.**

Na ovaj način, **štedimo** neobnovljive prirodne resurse (kamen, šljunak i pesak), š**titimo** životnu sredinu od zagađivanja **i dajemo doprinos održivom razvoju.**

Primena elektrofilterskog pepela kao putno građevinskog materijala, umesto standardnih građevinskih materijala, **ima značajnu ekonomsku opravdanost**. Naime, postiže se ušteda od 30-80 % u odnosu na građenje sa standardnim putno građevinskim materijalima.

Rezultati postignuti u istraživačko razvojnom projektu „Koriščenje elektrofilterskog pepela i šljake proizvedenih u termoelektranama „Nikola Tesla A i B" i termoelektranama „'Kostolac A i B" za potrebe putogradnje" **pozitivno su ocenjeni od kompetentnih naučno - stručnih organizacija iz naše zemlje i inostranstva** (Građevinski fakultet, Beograd, SG "Geotehchnika" a.d., Prag).

4. ŠTA JE POTREBNO URADITI DA BI SE OBEZBEDILI USLOVI DA SE PEPEO I ŠLJAKA POČNU STVARNO KORISTITI

Potrebno je u najkraćem roku obezbediti izradu probne deonice. Na probnoj deonici izvršila bi se ugradnja pepela po metodologiji koja je razrađena u programu ispitivanja (IRP-a). Program ispitivanja je otvoren, svi predlozi, u smislu novih rešenja i savremenih dostignuća, mogu se prihvatiti i primeniti, **stim da je potrebno ispoštovati osnovne preporuke iz programa izvedenih ispitivanja.**

Pored kontrole kvaliteta, koja bi se sprovela pri izgradnji probne deonice i bila bazna za pisanje tehničkih uslova građenja, neophodno bi bilo da se sprovede i detaljan monitoring. Ovo je naročito bitno pri izradi visokih nasipa od lakotežećeg materijala kao što je pepeo, na malo nosivom tlu. Ne smemo zaboraviti da deo monitoringa obuhvata i praćenje ponašanja pepela u konstrukciji puta, **posmatrano sa ekološkog aspekta**.

Tehničke uslove građenja, potrebno je **verifikovati kao zvanični standard**, **ili preporuku pri primeni pepela ili preporuku u putnom inženjerstvu.**

Ovakvim pristpom otvorila bi se direktna mogućnost projektantima i izvođačima radova da koriste pepeo, **kao bilo koji građevinski materijal.**

4.1. Kako obezbediti da se pepeo stvarno i koristi

Tehničkim normama približili bi se brzoj i efikasnoj upotrebi pepela kao građevinskog materijala; ali da li bi to bilo dovoljno, da obezbedimo efikasnu potrošnju pepela? Svedoci smo da se u konstrukcijama puteva upotrebljavaju ogromne količine šljunka i peska, pogotovu pri izradi nasipa. Upotreba sekundarnih sirovina kao građevinskog materijala, kod nas nije nikada doživela ozbiljnu primenu. Potrebno je sačuvati prirodne resurse kao što su, šljunak i pesak, **a ugradnju sekundarnih materijala kontrolisano koristiti kao građevinski materijal.**

Neposredno oko termoelektrana, potrebno je u krugu od 50 km – pepeo „proglasiti“ primarnim građevinskim materijalom. Niska cena pepela u odnosu na druge građevinske materijale može biti od interesa, pre svega, **investitorima za gradnju jeftinih saobraćajnica i objekata ostale infrastrukture.**

4.2. Stabilizacija mešavine pepela sa drugim materijalima

Mešavine pepela sa lokalnim materijalima, kao što su pesak, šljunak, šljunak sa površinskih kopova i drugi sa kojim je moguće odraditi kvalitetne stabilizacije, nisu još uvek ispitane. Mišljenja smo, da pepeo u ovakvim stabilizacijama učestvuje u znatno smanjenom procentu. Izrada **stabilizacije bi podrazumevala transport pepela neposredno na lokaciju izvođenja stabilizacije** i mešanje sa lokalnim materijalima preko protočne baze.

Kombinacija mešanja lokalnih materijala i pepela je velika, tako da bi takvo sistematsko ispitivanje zahtevalo velika finajsijska sredstva, **bez jasnog cilja kada i gde bi se primenila.**

Ovu vrstu ispitivanja, **potrebno je sprovesti po programu predhodne probe za određenu mešavinu pepela i materijala,** neposredno za objekat koji se izvodi.

4.3. Deponovanje pepela

Na sadašnjim deponijama se nalaze ogromne količine pepela koji je decenijama odlagan. Hemizam pepela sa deponija, se znatno razlikuje u vremenskom protoku od hemizma pepela sa proizvodnje. Smatramo da bi postojeće deponije trebalo „konzervirati“, **jer bi njihova eksploatacija zahtevala velika sredstva za ispitivanje svojstva pepela kao i utvrđivanje homogenih zona.** Stvorili bi se, određeni problemi stabilnosti i ekološke zaštite, pri korišćenju, odnosno urušavanju postjeće deponije, tokom povremene njihove eksploatacije. S druge strane, ukoliko bi se krenulo u „eksploataciju“ pepela sa deponija, **pitanje je**, **šta sa pepelom iz proizvodnje**?

5. TEHNIČKA REGULATIVA

Celovit pristup u rešavanju problema ugradnje pepela i šljake u građevinarstvu, uopšte, a posebno u putarstvu, nameće osnovna pitanja: **kako naterati** nekoga da ugradi pepeo (a ne prirodni materijal), zatim, **kako kontrolisati** proces ugrađivanja materijala (tehnologija gradnje), i kako izvršiti kontrolu pozicija u koje se ugrađuje pepeo, bilo čist ili stabilizovan.

Sva ova pitanja mogu se rešiti, **prvo** ako se stvore zakonski preduslovi za mogućnost i potrebu korišćenja pepela u građevinarstvu, i **drugo** ako se posle izrade probne deonice, saglasno uslovima IRP-a urade „tehnički uslovi“ kojima bi se, **razradili načini i svi postupci ugradnje pepela za predviđenu namenu**. Naravno, oni bi bili usaglašeni sa evropskom norativom i standardima.

ZAKLJUČAK

Problem upotrebe elektrofilterskog „letećeg“ pepela u raznim granama privrede i njegovo ukljanjanje kao potencijalno opasnog materijala je od ključnog značaja.

Pepeo skladišten na deponijama zauzima ogromne prostrore, vrlo često nošen vetrom sa deponija predstavlja veliku opasnost po zdravlje ljudi u neposrednom okruženju. **Svaki stručni predlog za eliminaciju problema zaslužuje potrebnu pažnju da bi se problem pepela konačno rešio.** Institut za puteve ad Beograd je poslednjih osam godina, zajedno sa J.P. „Putevi Srbije“ i nadležnim ministarstvima, uložio veliki napor **za sagledavanje celokupne problematike sa pepelom**. Nadamo se, **da će ovi napori dovesti do konkretnih rešenja**. U protivnom, **ovu problematiku ostaće da rešavaju neke druge generacije**, ali tada sa većim i složenijim rezultatima i problemima.

Literatura:

[1] Dr. S.Cmiljanić, Mr. V.Vujanić, B.Rosić, S.Tošović, S.Jotić, Dr. P.Mitrović: IRP - Korišćenje elektro-filterskog pepela i šljake proizvedenih u termoelektranama „Nikola Tesla A i B“ i termolelektranama „Kostolac A i B“ za potrebe putogradnje, Institut za puteve a.d. 2007. godina.

[2] Autor ing. Vitezlav Herle: Projekat izvođenja gradnje nadzemnih komunikacija uz upotrebu letećeg pepela, tehnički uslovi, SG – GEOTEHNIKA, a.s. 2007.god.

[3] Autor ing. Vitezlav Herle: Pomoć kod korišćenja letećeg pepela iz elektrana za građenje konstrukcija saobraćajnih puteva u Srbiji, Ostrava, februar 2007. godine., 06-0956-011, Autor: RNDr. František Kresta.

KAKO I GDE JE MOGUĆA PRIMENA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA PRI GRADNjI PUTEVA

Vladeta Vujanić[1]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61c; e-mail: v.vujanic944@gmail.com
Simo Tošović[2]
Geomehanika, 11000 Beograd, Dobropoljska br.21; e-mail: simo.tosovic@gmail.com
Svetlana Jotić[3]
11000 Beograd, Nikolaja Gogolja br.88; e-mail: ceca153@hotmail.com

Rezime: *U radu su prikazani mogući načini ugradnje elektrofilterskog pepela iz TENT - Obrenovac, odnosno TEKO - Kostolac u konstrukciju puta. S obzirom na povoljna mehanička svojstva elektrofilterskog pepela koja su detaljno ispitana u okviru istraživačko razvojnog projekta kao i potrebe da smanjimo gomilanje pepela na deponijama, pokazaćemo na primerima moguće načine ugradnje u nasipe, rovove i klinove iza objekata. Analiziraće se cene izgradnje naspa sa i bez dodataka kreča u odnosu na klasično izvedene nasipe od prirodnih kamenih i zemljanih materijala.*

Ključne reči: *Elektrofilterski pepeo, nasipi, izgradnja.*

1. UVOD

Građevinske konstrukcije u putogradnji, kao što su nasipi (različitih projektovanih visina), vrlo često se grade na malo nosivom tlu, sa visokim nivoom podzemne vode koji osciluje u vremenu. Izgradnja nasipa u takvim uslovima može stvoriti takve probleme u pogledu pojave, znatnih deformacija (sleganja) u tlu, kao i formiranja njegovog racionalnog i stabilnog geometrijskog oblika. Imajući ovo u vidu, u ovom radu prikazuje se nekoliko primera (osnovni tipovi) izgradnje nasipa i drugih objekata, od elektrofilterskog pepela sa dodatkom ili bez kreča, odnos cementa, u zavisnosti od njihovih geometrijskih uslova i svojstava terena (tla), preko koga (i u kome) se oni grade.

2. GDE I KAKO SE MOŽE PRIMENITI PEPEO U „KONSTRUKCIJI“ PUTA

U mnogim zemljama: Velikoj Britaniji, Francuskoj, Poljskoj, Holandiji, Sjedinjenim Američkim Državama i u Češkoj upotreba elektrofilterskog pepela, našla je široku primenu pri izgradnji puteva, i to:
- stabilizacija pepela za izgradnju nasipa u trupu puta kao lakotežećeg materijala,
- izrada mehaničke i hemijske stabilizacije,
- ispuna rovova.

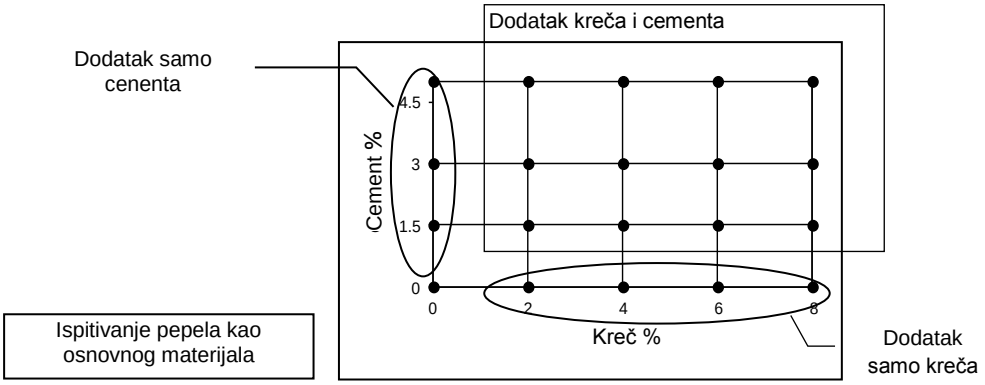
Inostrana praktična iskustva su dokazala tehničku i ekonomsku vrednost primene pepela u izgradnji puteva. Zajedničkim naporima J.P. Putevi Srbije i Institut za puteve a.d. u 2007. g. u okviru izrade IRP-a (Istraživačko razvojnog projekta) izvršeno je kompletno ispitivanje pepela direktno iz proizvodnje TE „Nikola Tesla“ iz Obrenovca i TE iz Kostolca, kao osnovne sirovine za ugradnju u trup puta.

3. REALIZOVANI PROGRAM O ISPITIVANjU PEPELA ZA UPOTREBU U PUTNOJ PRIVREDI

Realizovanim programom o ispitivanju pepela do sada smo postigli:
- Izvršena je sistematizacija rezultata o dosadašnjim izvedenim ispitivanjima i istraživanjima, proučeni literalni podaci o (delimičnim), ispitivanjima svojstva pepela kao sirovine pre izrade IRP-a.
- istraživačko – razvojnim programom obuhvaćeno je ispitivanje pepela kao osnovne sirovine i to pre svega hemijsko – mineroloških karakteristika pepela, radioaktivnosti i dr.
- Ispitivane su fizičko-mehaničke karakteristike pepela: granuloetrijski sastav, specifična težina, modul stišljivosti, parametri čvrstoće (c i φ), parametri potrebni za zbijanje pepela (Proctor-ov opit, Kalifornijski indeks nosivosti).
- Ispitana je kompleksna stabilizacija pepela sa različitim procentima cementa i kreča (po šemi matrični dijagram, slika 1), kao poznatim građevinskim materijalima, pri tome izvršena su sledeća ispitivanja: pritisna čvrstoća, indirektna zatezna čvrstoća, pad čvrstoće na telima potopljenim u vodu, pad čvrstoće tela tretiranih na dejstvo mraza, određen je dinamički modul E_{din}.
- Predložena je tehnologija ugradnje pepela u nasipe, ispune rovova, klinove iza objekata.
- Gradnja nasipa od pepela poređena je sa gradnjom nasipa od klasičnog materijala i pokazalo se da su konstrukcije izvedene sa pepelom daleko ekonomičnije.
- Dato je pozitivno mišljenje o upotrebljivosti pepela, u pojedinim konstrukcijama pri gradnji puteva (nasip, posteljični sloj, stabilizacija, ispuna rovova i sl.).
- Projektanti puteva su dobili sve potrebne parametre neophodne za poznavanje pepela kao građevinskog materijala.

[1] Vladeta Vujanić, *11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61c; e-mail: v.vujanic 944@gmail.com*

Na slici 1., prikazana je matrična šema po kojoj je određena kompleksna stabilizacija sa pepelom.

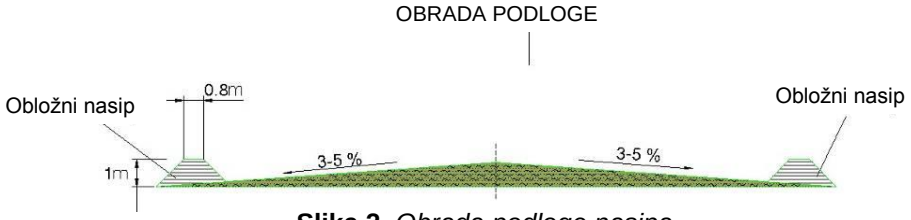


Slika 1. *Matrični dijagram za izradu kompleksne stabilizacije sa pepelom*

4. NASIPI OD ELEKTROFILTERSKOG PEPELA

Sa do sada ispitanim pepelima imajući u vidu njegove fozčko – mehaničke karakteri- stike, kao i uticaj na životnu sredinu potrebno je ispoštovati sledeće parametre pri projektovanju i izradi nasipa:

- Nasip izgrađen od pepela bez veziva, mora biti „zatvoren“, nakon obrade podtla, zaptivnim vodonepropusnim slojem od gline. Vodonepropusni sloj treba uradititi sa nagibom 3 do 5 % od sredine obradive površine ka krajevima, kao što je prikazano na slici 2.

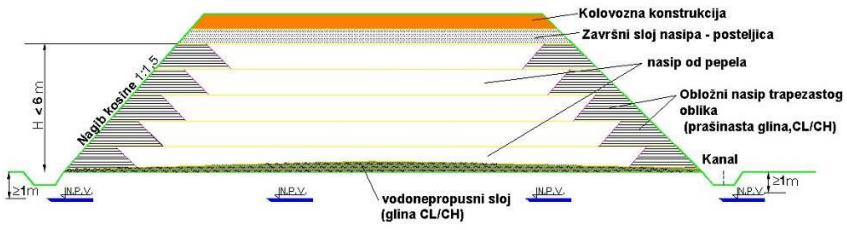


Slika 2. *Obrada podloge nasipa*

- Zaptivni - vodonepropusni sloj treba ugraditi od glinovitog materijala koji po USCS klasifikaciji spada u grupu CH, CL glina, a po AASHTO klasifikaciji u grupu glinovitog tla A-7-6.
- Koeficijenat filtracije materijala od koga se radi vodonepropusni sloj treba da bude $k > 10^{-5}$ cm/s.
- Evetualno proceđena voda iz nasipa, preko vodonepropusnog sloja, sprovodi se u bočne kanale pored nasipa i odvodi naprečišćavanje.
- Kanali moraju takođe biti vodonepropusni. Mogu se uraditi od betona marke MB 25 sa zaštitom ispod betonske obloge od plastične HDPE membrane.
- Bočno se nasipi zatvaraju obložnim prašinasto – glinovitim nasipom trapezastog oblika. Jedan segment nasipa je visine 1 m, širine u kruni 0,8 m i izvodi se u nagibu 1:1,5 ili manje – pirkazano na slikama od 2 do 7.
- Za izradu obložnog nasipa može se upotrebiti sitnozrni materijal koji odgovara tehničkim uslovima za ugradnju materijala u nasip – (SRPS.U.E1.010).
- U visini jednog trapeza ugrađuju se tri sloja nasipa. Približna debljina nasipa iznosi 30 cm u zbijenom stanju.

NASIP VISINE H < 6 m

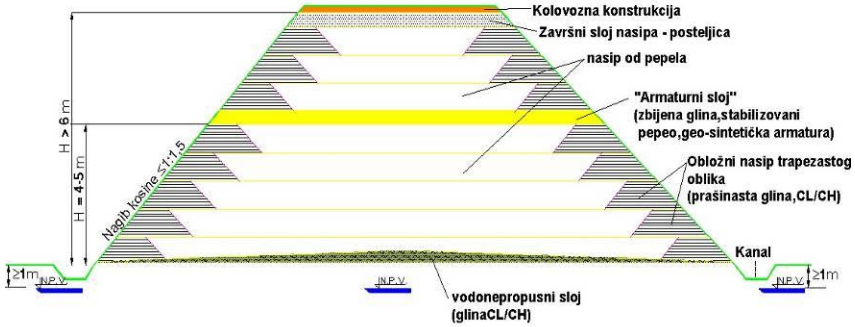
NIVO PODZEMNE VODE 1 m ISPOD POVRŠINE TERENA



Slika 3. *Izrada nasipa H < 6 m, N.P.V. 1 m ispod površine terena*

- Mogućnost izrade nasipa od pepela, bez upotrebe veziva direktno zavisi od visine nasipa. Ukoliko je visina nasipa H < 6 m, nasip se može izvesti od pepela bez veziva, po unapred opisanom postupku, do posteljičnog sloja, slika 3.

NASIP VISINE H > 6 m
NIVO PODZEMNE VODE 1 m ISPOD POVRŠINE TERENA



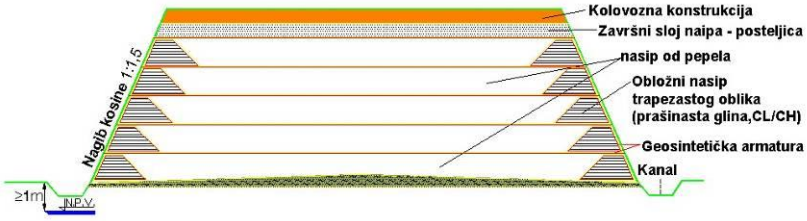
Slika 4. *Izrada nasipa H > 6 m, N.P.V. 1 m ispod površine terena*

4.1. Nasipi od pepela bez veziva u kombinaciji sa geotekstilom

Ukoliko je potrebna izrada nasipa sa nagiboma većim od 1:1,5, a izvodi se od pepela bez dodataka cementa ili kreča, moguće ga je izvsti u kombinaciji sa geotekstilom, slika 4.

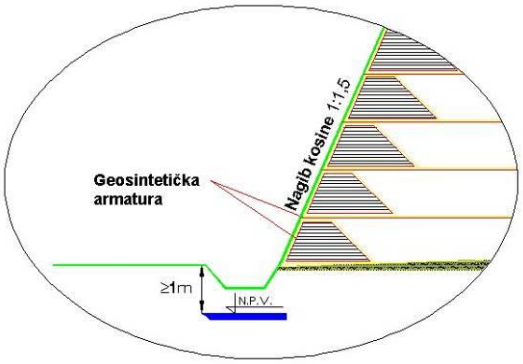
Postupak izvođenja nasipa sa geotekstilom je sledeći:
- Geotekstil koji se primenjuje potrebno je da bude tkani. Zatezna sila na kidanje i maksimalna diletacija potrebno je odrediti pri projektovanju.
- Geotekstil se polaže na zaptivni sloj koji se izvodi u svemu po gore opisanom postupku.
- Na svakom segmentu nasipa visine 1 m, ponovo se izvode obložni nasipi trapezastog oblika koji se obmotava sa geotekstilom, a zatim se između izvode minimalno tri sloja nasipa od pepela.
- Geotekstil se nakon toga polaže na zadnji zbijeni sloj pepela i sledi ponovo izrada nasipa u segmentima, kako je predhodno opisano, a nasip izveden u kombinaciji pepela i geotekstila nije potrebna izrada stabilizovanog sloja na visini 4 do 5 m.
- Posteljični sloj se izvodi u svemu po predhodno opisanoj tehnologiji.
- Izrad bočnih kanala, kao i odvođenje vode se izvodi kao i kod izrade nasipa od pepela bez geotekstila.

NASIP IZVEDEN U KOMBINACIJI SA GEOTEKSTILOM



Slika 5. *Izrada nasipa u kombnaciji sa geotekstilom*

DETALj POLAGANjA GEOTEKSTILA



Slika 6. *Detalj izrade nasipa sa geotekstilm*

4.2. Nasipi od pepela sa vezivima

Ovaj tip nasipa bi se najčešće primenjivao u urbanim područjima, gde je potrebno zauzeti što manji prostor pri izgradnji. Kosine nasipa su strmijeg nagiba od 1:1,5. Nasipi se izvode po sledećem postupku:

- Procenat veziva (kreča ili cementa) određuje se predhodnim ispitivanjima. Sa do sada obavljenim ispitivanjima ove nasipe je moguće izvesti sa max 2% dodatog cementa ili kreča.
- Nagibi kosina mogu biti 2:1 do 3:1, u zavisnosti od fizičko-mehaničkih karakteristika stabilizovanog pepela (pre svega kohezije C' i ugla unutrašnjeg trenja φ'), koji se određije iz opita čvrstoće na pritisak i indirektne zatezne čvrstoće (Brazilijanski opit).
- Pri izradi ovih nasipa nije potrebna izrada obložnih nasipa od prašinasto-peskovite gline trapezastog oblika, stim što je potrebno predvideti naknadno humuziranje nasipa.

4.3. Nasipi u specifičnim geotehničkim uslovima gradnje

Vrlo često se pri izvođenju nasipa srećemo sa problemom malo nosivog tla ili visokog nivoa podzemne vode. Ti parametri predodređuju i specifične uslove izgradnje nasipa. Prilikom izrade nasipa na nedovoljno nosivom tlu potrebno je izvršiti sanaciju podtla ispod nasipa. Način izvedene sanacije je u funkciji više parametara, kao što su:

- visina nasipa,
- materijal od koga se gradi nasip,
- svojstva tla na koji se postavlja nasip

Visoki nasipi ionako opterećuju slabo nosivo podtlo. Zato je bitno da materijal od kojeg se grade nasipi, ima što manju težinu. Pepeo je za izgradnju nasipa na slabo nosivom tlu, idealan mateijal. U odnosu na pesak ili šljunak znatno je lakši, jer ima manju zapreminsku težinu 2 do 3 puta.

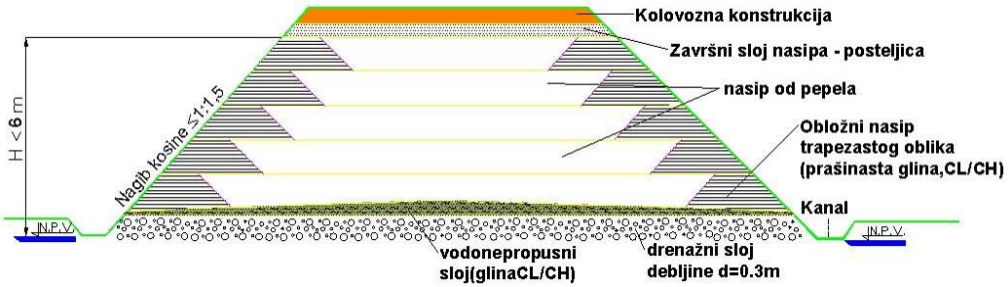
Teren izgrađen od malo nosivog tla sa visokim nivom podzemne vode se sanira izradom drenažnog sloja, najčešće od peskovito-šljunkovitog materijala, koji se obavije u tkani geotekstil sa zateznom čvrstoćom: $\beta z \geq 40$ kN⁄m', $\varepsilon \leq 20$ %. Debljina drenažnog sloja zavisi od više parametara, obično se primenjuje 0.6 - 2.5 m.

Postavljanje tkanog geotekstila i izrada „jastuka" imaju kako filtracionu tako i ulogu povećanja nosivosti podtla.

Na slikama 7 i 8 prikazani su nasipi visine H > 6 m i H < 6 m, izgrađeni od pepela na terenu sa nivoom podzemne vode na površini.

NASIP VISINE H < 6 m

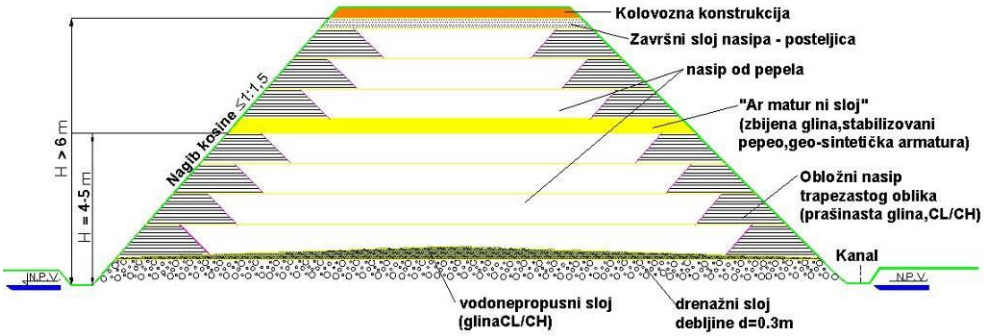
NIVO PODZEMNE VODE NA POVRŠINI TERENA



***Slika 7**. Izrada nasipa H < 6 m, N.P.V. na površini terena*

NASIP VISINE H > 6 m

NIVO PODZEMNE VODE NA POVRŠINI TERENA



Slika 8. *Izrada nasipa* H > 6 m, N.P.V. *na površini terena*

5. ISPUNA IZA OBJEKATA

Ispune iza objekata, potpornih zidova preko kojih se prevodi trup puta i sl., predstavljaju osetljive delove konstrukcije kod kojih dolazi do naknadnih, većih sleganja. Ovaj problem se rešava upotrebom kvalitetnijih materijala kao što je drobljeni krečnjački agregat. Da bi se ovi problemi otklonili i smanjila moguća naknadna sleganja, navedene i slične objekte moguće je izvoditi od elektrofilterskog pepela sa vezivima (laki materijali povoljnih fizičko – mehaničkih svojstava). Na slici 9, dat je primer moguće izrade ispune iza objekata od pepela sa vezivima.

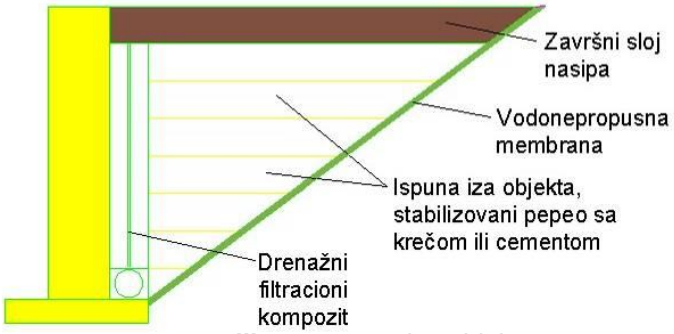
Najbitniji parametri na koje treba obratiti pažnju pri izradi ispune od stbilizovanog pepela su:

- Izrada drenaže do objekta iza kojeg se izvodi ispuna. Drenaža može da se uradi od geotekstilnog – filtracionog kompozita, kao što je prikazano na slici 9.
- Ukoliko pepeo dolazi u kontakt sa betonom, potrebno je između njih uraditi izolaciju.
- Slojeve stabilizovanog pepela sa krečom ili cementom treba izvesti u debljini ne većoj od 30 cm.
- Za ispunu iza objekata upotrebljava se isključivo stabilizoni pepeo.
- Procenat dodatog cementa ili kreča treba odrediti predhodnom probom.
- Na osnovu dosadašnjih rezultata ispitvanja, procenat kreča u pepelu u zoni ispune, ne bi trebalo da bude veći od 3 %.

Na primeru stabilizovanog pepela sa 2% dodatog kreča, na uzorcima iz TENT-a, posle 7 dana jednoaksijalna čvrstoća na pritisak iznosila je 0,8 MPa, a posle 112 dana povećala se na 1,4 MPa. Za isti procenat stabilizovanog pepela sa 2 % dodatog cementa, posle 7 dana čvrstoća na pritisak iznosila je 7 MPa, a posle 28 dana 1,5 MPa.

Sa ovim vrednostima postiže se kompaktna stabilna zona bez mogućnosti naknadnih sleganja u zonu ispune.

ISPUNA OBJEKTA



Slika 9. *Ispuna iza objekta*

6. ZATRPAVANjE INFRASTRUKTURNIH INSTALACIJA

Prilikom zatrpavanja rovova, u koji se polažu infrastrukturne instalacije, upotrebljava se najčešće pesak. Kao i kod ispune iza objekta i u ovom slučaju upotrebom pepela sa vezivom postiže se veća sigurnost, lakša ugradljivost i veća ekonomičnost pri izvođenju radova. Intervencije na podzemnim instalacijama u gradskim zonama su česte. Ogromne količine prirodnih materijala (pesak, šljunak...), se godišnje upotrebljavaju za ispune pri zatvaranju instalacija (vodovoda, kanalizacije, toplovoda i dr.).

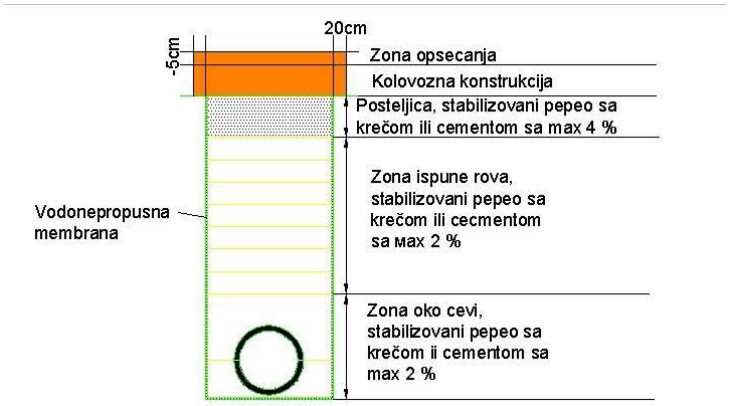
Zona instalacije - zona oko cevi - sloj za izradu „jastuka“ na koji se postavlja instalacija do sada je izvođen od sitnozrnog materijala krupnoće zrna do 10 mm. Obično se koristio pesak i sitnozrni šljunak. Zona oko cevi se može izveti sa stabilizovanim pepelom sa 2% veziva (kreča ili cementa).

Zona ispune do sada se izvodila sa sledećim materijalima:
- krupnozrni, dobro granulisani šljunak,
- jednolično granulisani pesak i šljunak sa stepenom neravnomernosti Cu < 10 („Savski pesak“, pesak „Dunavac“),
- Drobljeni kameni agregat, Cu > 6.

Zona ispune može da se izvede od stabilizovnog pepela sa 2% veziva (kreča ili cementa). Stbilizacija mora biti razastrta i zbijena u debljini sloja max 25 cm. Prvi sloj stbilizovanog materijala, koji se razastire do zone instalacije treba zbiti sa lakim sredstvima za zbijanje, do 95 % od standardnog Proctor-ovog opita, da ne bi došlo do oštećenja zone instalacije. Ukoliko se instalacija izvodi na dubini manjoj od 2 m od nivelete, prilikom zbijanja treba obratititi pažnju da ne dođe do oštećenja instalacije.

Ovde se može povećati procenat veziva (cementa ili kreča) kako bi što u kraćem vemenskom roku veća čvrstoća na pritisak preuzela moguće sleganje do kog bi moglo da dođe zbog manje zbijenosti od 100 % po standardnom Proctor-ovom postupku.

Završni sloj ispune - posteljica, primenom stabilizovanog pepela izvodi se sa većim procentom, kreča ili cementa (do max 4%). Zbijanje sloja treba izvesti do 100% po standardnom Proctor-ovom postupku.



Slika 10. *Ispuna rovova*

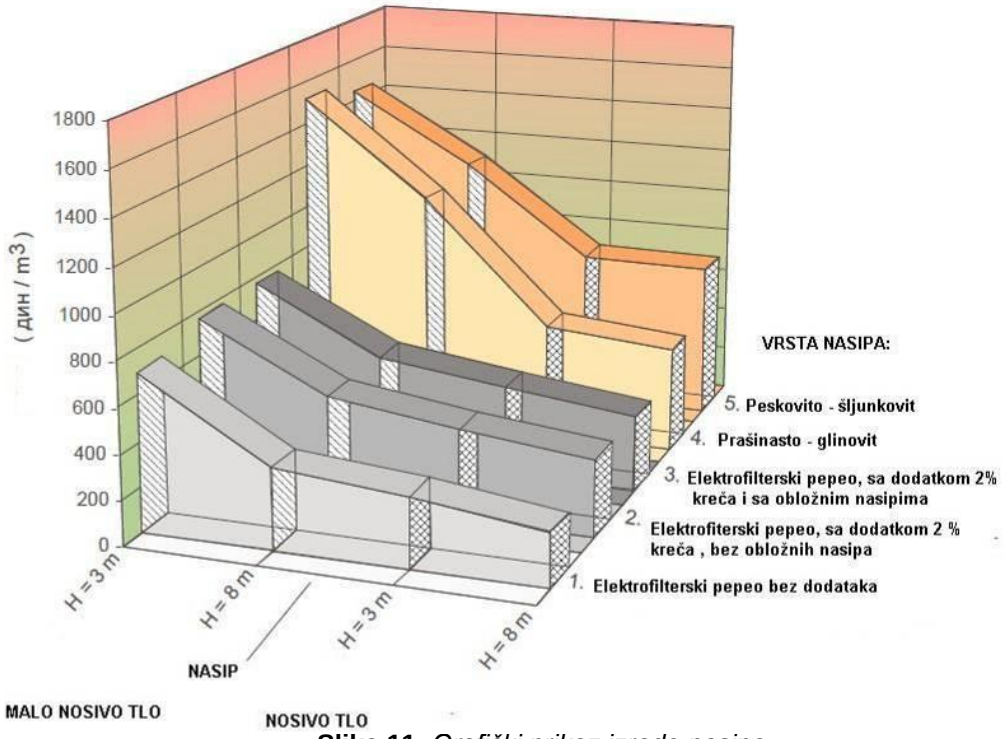
7. EKONOMSKA VALORIZACIJA KORIŠĆENjA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA

Najveće količine elektrofilterskog pepela mogu se upotrebiti za izradu nasipa trupa puta. Ovo je značajno za ravničarske terene, gde su nasipi većih visina, a zbog svojstava pepela moguće je graditi nasipe strmijih kosina. Elektrofilterski pepeo je zbog svoje male zapremiske mase podoban za izgradnju nasipa na malo nosivom tlu.

Imjući u vidu iznete činjenice, analizirane su cene izgradnje putnih nasipa od elektrofilterskog pepela, sa i bez dodatka kreča kao i izrada putnih nasipa na klasičan način od (prašinasto – glinovitog i peskovito – šljunkovitog tla).

Da bi se pravilno procenila rentabilnost primene elektrofilterskig pepela pri grad- nji putnih nasipa i utvrdili tačni finansijski efekti, pošlo se od sledećih pretpostavki:
- Pri analizi uzeto je da je cena elektrofilterskog pepela u termoelektrani 0,0 din.
- Cenu, pri gradnji putnih nasipa, opterćuju samo troškovi transporta do gradilišta sa utovarom i cena izrade nasipa.
- Procenjeno je da je rentabilnost transporta materijala, kao što je pepeo za ovu vrstu posla, moguća do 80 km.
- Za našu analizu uzetli smo dužinu transporta do 20 km. Nadamo se da će Beograd, koji je od Obrenovca udaljen 20 km biti najveći potrošač, kao i Požarevac i Smederevo od Kostolca.
- Analiza je sprovedena za dve grupe nasipa: nasipi na nosivom tlu i nasipi na malo nosivom tlu.
- Odabrani su nasipi visine 3 m i 8 m.
- Elektrofilterski pepeo primenjen je u dva oblika onako kako se najčešće primenjuje u drugim zemljama pri gradnji nasipa. Prvi oblik je primena čistog pepela a drugi sa dodatkom 2 % kreča kao veziva.
- Nasipi od pepela sa i bez dodatka kreča, poređeni su sa nasipima od prašinasto – glinovitog i od peskovito – šljunkovitog tla, koji se kod nas najčešće izvode.

Na slici 11 dat je grafički prikaz cene izrade nasipa od elektrofilterskog pepela i nasipa od klasičnih materijala visine 3 i 8m, koji se grade na nosivom i malo nosivom tlu.



Slika 11. *Grafički prikaz izrade nasipa*

Na osnovu izvršenih analiza, što je prikazano na slici 10, cena građenja puteva od elektrofilterskog pepela na nosivom i malo nosivom tlu, je nešto manja od cene izrade istih nasipa od pepela sa vezivom od 2% kreča, a znatno manja od nasipa izgrđenih od prašinasto-glinovitog li peskovito-šljunkovitog materijala.

8. ŠTA JE POTREBNO URADITI, KAKO BI SE OBEZBEDILI USLOVI DA SE PEPEO STVARNO KORISTI

Potrebno je u najkraćem roku obezbediti izradu probne deonice. Na probnoj deonici izvršila bi se ugradnja pepela po metodologiji koja je razrađena u programu (IRP-a) ispitivanja. Program ispitivanja je otvoren, svi predlozi, u smislu novih rešenja i savremenih dostignuća, mogu se prihvatiti i primeniti, **s tim da je potrebno ispoštovati osnovne preporuke iz programa izvedenih ispitivanja**.

Pored kontrole kvaliteta, koja bi se sprovela pri izradi probne deonice i bila bazna za pisanje tehničkih uslova građenja, neophodno bi bilo da se sprovede i detaljan monitoring. Ovo je naročito bitno pri izradi visokih nasipa od **lakotežećeg materijala** kao što je pepeo, naročito na malo nosivom tlu. Ne smemo zaboraviti da deo monitoringa obuhvata i praćenje ponašanja pepela u konstrukciji posmatrano sa ekološkog aspekta.

Tehničke uslove građenja potrebno je verifikovati kao zvanični standard, ili preporuku pri pripremi pepela u putnom inžrnjerstvu. Ovakvim postupkom otvorila bi se direktna mogućnost projektantima i izvođačima radova da koriste pepeo, **kao bilo koji građevinski materijal**.

Tehničkim normama približili bi se brzoj i efikasnoj upotrebi pepela kao građevinskog materijala; ali da li bi to bilo dovoljno da obezbedimo efikasnu potrošnju pepela? Svedoci smo da se u konstrukcijama puteva upotrebljavaju ogromne količine šljunka i peska, pogotovu pri izradi nasipa. Upotreba sekundarnih sirovina, kao građevinskog materijala, pa samim tim i pepela kod nas nije nikada doživela ozbiljnu primenu. Potrebno je sačuvati prirodne resurse kao što su šljunak i pesak, a **ugradnju sekundarnih materijala kontrolisano koristiti kao građevinski materijal**.

ZAKLjUČAK

Upotreba elektrofilterskog „letećeg“ pepela u raznim granama privrede i njegovo uklanjanje kao potencijalno opasnog materijala je od ključnog značaja.

Pepeo skladišten na deponijama zauzima ogromne površine, vrlo često nošen vetrom sa deponija, predstavlja veliku opasnost po zdravlje ljudi u neposrednom okruženju. **Svaki stručni predlog za eliminaciju ovog problema zaslužuje potrebnu pažnju da bi se problem pepela konačno rešio**.

Na osnovu prikazanih primera, može se pouzdano zaključiti da je **upotreba pepela u putogradnji, u principu moguća**, ukoliko se ispoštuju preporuke koje su date u IRP-u za izgradnju nasipa, klinova, rovova i sl. Inače, upotreba pepela u građevinarstvu, imala bi višestruki značaj, **od toga**, što se dobija za korišćenje – jedan „nov“ **građevinski materijal**, relativno dobrih svojstava, a jeftin i tehnološki lako ugradiv, **do toga**, da se njegovim korišćenjem mogu rešiti na državnom nivou mnogi problemi, kao što su dalja deponovanja u široj zoni termoelektrana, kao i njihova ekološka zaštita.Zato je potrebno, u što kraćem vremenskom roku uraditi probnu deonicu, kako bi se izdali (uradili) tehnički uslovi građenja i počela ozbiljna primena pepela u putogradnji.

Institut za puteve a.d Beograd, je u poslednjih pet godina zajedno sa J.P. „Putevi Srbije“, i nadležnim ministarstvima, uložio veliki napor za sagledavanje celokupne problematike sa pepelom. **Nadamo se da će ovi napori dovesti do konkretnih rešenja**.

Literatura:

[1] *Propertis of cements and concretes containng fly ash* Davis R.E. et.al. - Proceedings, American Concrete Institute 33, pp. 577 – 612, (1937).

[2] *Gdynia Road embankment project using coal fly ash construction material,* Sorensen J.L. Poland, - Danish Geotechnical Institute, (1994).

[3] *Rezultati praktičnih proba korišćenja stabilizata od materijala,* Kresta F.: PRESTAB u građenju saobraćajnih puteva. – Zbornik priloga sa konferancije Saobraćajne komunikacije i železnice, Košice, (2005).

[4] *IRP-Korišćenje elektrofilterskog pepela i šljake proizvedenih u termoelektranama „Nikola Tesla A i B“ i termolelektranama „Kostolac A i B“ za potrebe putogradnje/*Dr. Slobodan Cmiljanić, Mr. Vladeta Vujanić, Branko Rosić, Simo Tošović, Svetlana Jotić, Dr. Petar Mitrović, Institut za pteve a.d. (2007).

[5] *Projekat izvođenja gradnje nadzemnih komunikacija uz upotrebu letećeg pepela, tehnički uslovi,* ing. Vitezlav Herle: SG – GEOTEHNIKA, a.s. (2007).

[6] *Pomoć kod korišćenja letećeg pepela iz elektrana za građenje konstrukcija saobraćajnih puteva u Srbiji,* ing. Vitezlav Herle, Ostrava, februar (2007).

[7] 06-0956-011, Autor: RNDr. František Kresta

[8] *Aktivnosti na realizaciji IRP-a o primeni elektrofilterskog pepela i šljake u putogradnji, Autoput Beograd – južni Jadran*, Dr. Slobodan Cmiljanić, Mr. Vladeta Vujanić, Okrugli sto, Zbornik radova (2007).

[9] *Mogućnost korišćenja elektrofilterskog pepela kao sekundarnog otpada u građe- vinarstvu, monografija:* Dr. Slobodan Cmiljanić, Mr. Vladeta Vujanić, Branko Rosić, Monografija: Akademije inženjerskih nauka Srbije, RGF Univerziteta u Beogradu i Privredne komore Srbije, Beograd, (maj 2010).

[10] Utilization of flz-ash and slag from thermo power plants in Obrenovac and Kostolac as road/building material in the Republic of Serbia, Dr. Slobodan Cmiljanić, Mr. Vladeta Vujanić, Biljana Vuksanović, Svetlana Jotić, Branko Rosić, Simo Tošović, Seminar: “Druhotne a recyklovane materialy v zemnim telese pozemnich komunikaci“, ARCADIS, Geotechnika a.s., Češka, Unora, (2011).

MONITORING OBORINSKIH VODA U ČVORU ŠKURINJE NA RIJEČKOJ OBILAZNICI

Zdeslav Karlovac, Josip Rukavina, Sergije Babić
HAC-ONC d.o.o., zkarlovac@hac-onc.hr, KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., josip.rukavina@kdvik-rijeka.hr, Građevinski fakultet Rijeka, sergije.babic@gradri.hr

Rezime: *Jedan od osnovnih ciljeva poslovanja tvrtke HAC-ONC d.o.o. je preventivnim mjerama spriječiti, odnosno ublažiti negativne utjecaje svoje djelatnosti na okoliš i svesti ih na prihvatljivu razinu. Radi poboljšanja mjera zaštite okoliša, u suradnji s Građevinskim fakultetom iz Rijeke i komunalnim društvom Vodovod i kanalizacija iz Rijeke pokrenut je program monitoringa količine i kakvoće oborinskih voda u čvoru Škurinje na riječkoj obilaznici. Ovaj program omogućit će kvalitetnu procjenu onečišćenosti oborinskih voda sa autoceste koja će se analogijom, uz neznatne izmjene, moći primijeniti na čitavo koncesijsko područje. Transfer znanja i tehnologija, te razmjena iskustava sa svjetskim liderima iz ovog područja stvorit će kvalitetnu osnovu za unapređenje upravljanja oborinskim vodama i održavanja sustava odvodnje. Stečena znanja i usvojene tehnologije iskoristit će se kao osnova za izradu elektronske baze podataka o sustavu odvodnje. Pored toga rukovodstvo tvrtke dobit će kvalitetnu osnovu za donošenje strateških odluka vezanih za održavanje sustava odvodnje i upravljanje oborinskim vodama.*

Ključne reči: *cesta, onečišćenje, oborinske vode, monitoring, upravljanje*

1. UVOD

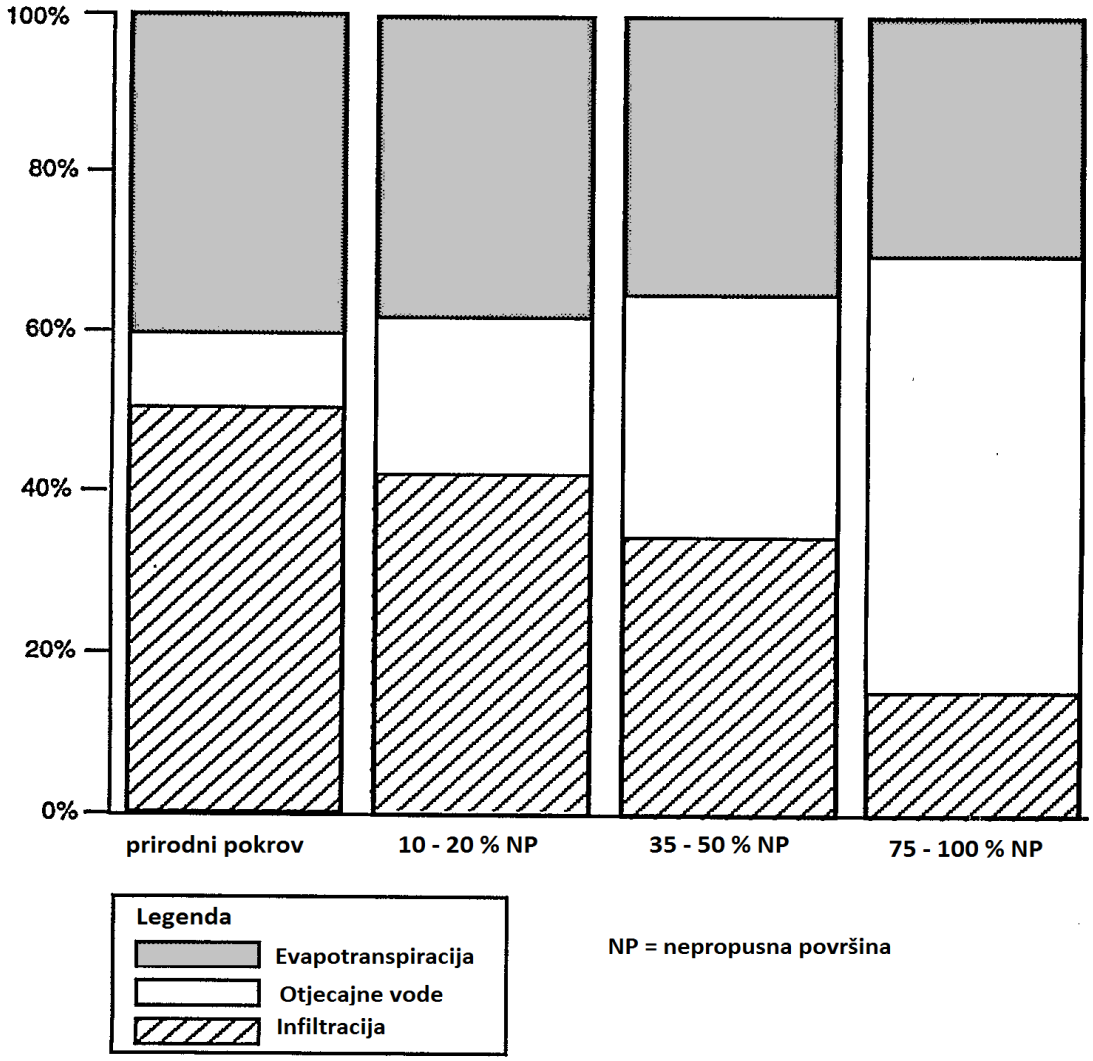
Sve pojavne oblike vode na prometnicama treba imati pod stalnom kontrolom radi zaštite prometnice od negativnog utjecaja vode na sigurnost prometa i trajnost ceste vodeći pri tome računa o zaštiti okoliša i hidrološkim prilikama u području kojim cesta prolazi. Pouzdana i učinkovita odvodnja prometnica vrlo je važna za sigurnost prometa, te osiguranje stabilnosti ceste. Pravilnim izborom geometrije vozne plohe osigurava se brža odvodnja oborinskih voda sa prometnice, a pravilnim dimenzioniranjem elemenata sustava odvodnje sprečava se nakupljanje oborinskih voda na prometnim površinama i povećava sigurnost prometa. Rješavanju odvodnje prethode hidrološka mjerenja i istraživanja, a dobro poznavanje hidrologije i hidraulike preduvjet su za optimalna, ekonomična i efikasna rješenja. Sustav odvodnje i mjere poduzete radi sprečavanja štetnog utjecaja vode čine 5 – 20 % (čak i do 30 %) ukupnih troškova građevinskih radova prilikom izgradnje ceste.
Sustav prometnica je potencijalni izvor različitih vrsta onečišćenja zraka, tla i voda. Glavni izvori onečišćenja su vozila, taloženje iz zraka i oborine. Glavnina onečišćenja sa površine prometnica završava u oborinskim vodama koje predstavljaju najveću opasnost za okoliš, a naročito za prijemne vode. Tvrtka HAC-ONC d.o.o. održava i riječku obilaznicu, prometnicu koja prolazi slivnim područjem izvorišta pitke vode u gradu Rijeci koji su najveća i najvrednija drenažna cjelina u Primorsko – goranskoj županiji. U Strategiji upravljanja vodama Republike Hrvatske kao jedna od strateških odrednica postavljen je kontinuirani razvoj procesa upravljanja vodama. U upravljanju vodama poseban se naglasak stavlja na zaštitu rezervi pitke vode. Zaštitom rezervi pitke vode osiguravaju se dugoročne potrebe javne vodoopskrbe za vodom na cjelokupnom području Republike Hrvatske.
Jedan od osnovnih ciljeva poslovanja tvrtke HAC-ONC d.o.o. je preventivnim mjerama u gospodarenju i upravljanju autocestom gdje je moguće spriječiti, odnosno ublažiti negativne utjecaje svoje djelatnosti na okoliš i svesti ih na prihvatljivu razinu, te doprinijeti poboljšanju stanja okoliša. U skladu s navedenim tvrtke HAC-ONC d.o.o. primjenjuje sustav upravljanja okolišem prema normi ISO 14001:2004 koji je s ostalim sustavima upravljanja integriran u jedinstveni sustav upravljanja. Sukladno zahtjevima norme normi ISO 14001:2004 provodi se i kontinuirani ciklus provjere i poboljšanja programa sprečavanja i kontrole onečišćenja oborinskim vodama. U tu svrhu, u suradnji s Građevinskim fakultetom iz Rijeke i komunalnim društvom Vodovod i kanalizacija d.o.o. iz Rijeke, pokrenut je program monitoringa količine i kakvoće oborinskih voda u čvoru Škurinje na riječkoj obilaznici. Kako bi se što uspješnije zaštitile prijemne vode uz autocestu neophodno je poznavati karakteristike sustava odvodnje i pogotovo oborinskih voda, odnosno njihovu kvalitetu i kvantitetu da bi se na osnovi tih podataka mogao napraviti kvalitetan i učinkovit program upravljanja oborinskim vodama. Suradnjom sa Građevinskim fakultetom iz Rijeke koji je najrelevantnija znanstvena institucija i komunalnim društvom Vodovod i kanalizacija d.o.o. iz Rijeke koje je lider u području upravljanja sustavima odvodnje osiguran je cjelovit pristup problematici zaštite prijemnih voda od negativnog utjecaja sa prometnice pod ingerencijom tvrtke HAC-ONC d.o.o., te su zadovoljene sve pretpostavke neophodne za poboljšanja programa upravljanja sustavom odvodnje, te sprečavanja i kontrole onečišćenja

oborinskim vodama u skladu sa najnovijim znanstvenim dostignućima, dostupnim tehnologijama i raspoloživim resursima.

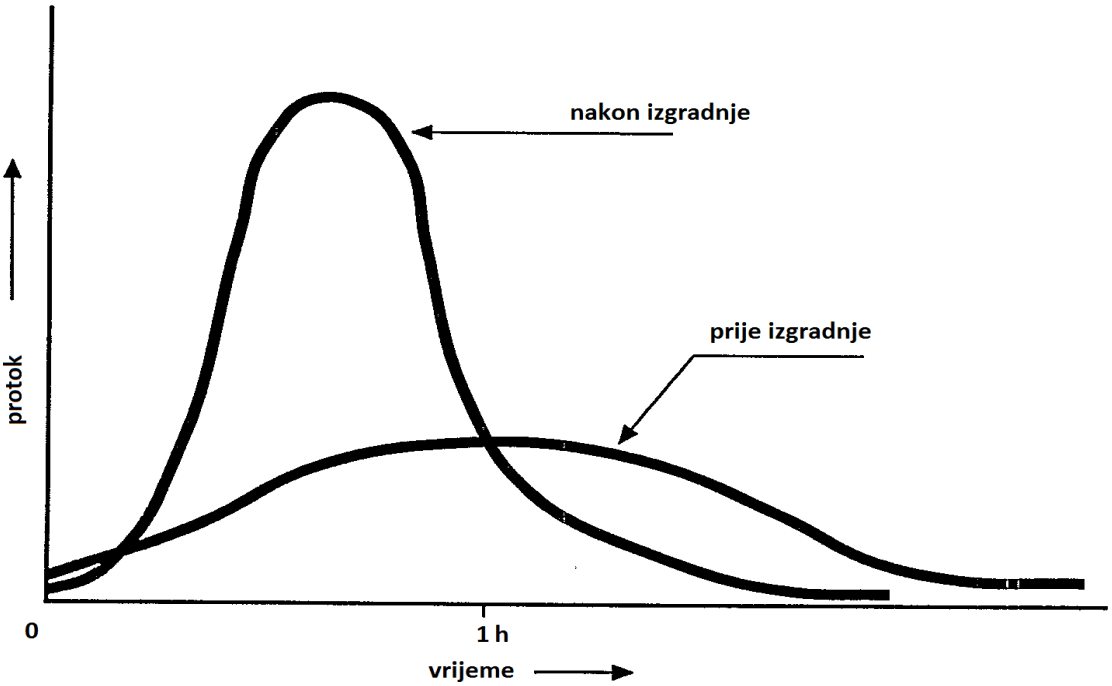
2. OSNOVNE ZNAČAJKE OBORINSKIH VODA

Izgradnjom prometnica se u okoliš unose nepropusne površine, oborinama se smanjuje mogućnost infiltracije u tlo i evapotranspiracije, te se većina oborina pretvara u oborinske vode. Izgrađene nepropusne površine se projektiraju tako da se oborinske vode što brže uklanjaju sa njih čime se osim povećanja volumena oborinskih voda povećava i vršno opterećenje, te uvelike smanjuje vrijeme transporta oborinskih voda do recipijenta kao i vrijeme potrebno za ispuštanje oborinama nakupljenih voda. Izgradnja u slivnom području može dovesti do slijedećih promjena u hidrologiji:

- povećanje vršnog opterećenja (2 do 5 puta),
- povećanje volumena oborinskih voda,
- smanjenje vremena potrebnog da oborinske vode dođu u recipijent,
- povećanje učestalosti i veličine poplava,
- smanjenje toka za vrijeme dužih sušnih perioda (gubitak baznog toka),
- povećanje brzine toka.



Slika 1. *Tipične promjene u hidraulici kao posljedica izgradnje nepropusnih površina*
Source: (Bingham i dr., 1993)



Slika 2. *Hidrogram područja prije i nakon izgradnje prometnice*
Source: (Bingham i dr., 1993)

Smanjenjem kapaciteta infiltracije i nestankom površinske vegetacije nestaje bitan mehanizam uklanjanja onečišćivača, te se povećava njihov unos u prijemne vode. Glavni izvori onečišćenja su vozila, taloženje iz zraka i oborine. Značajnu opasnost po okoliš predstavljaju i slučajna prolijevanja goriva, ulja i maziva, te onečišćenja uzrokovana prometnim nesrećama. Pored toga onečišćenju mogu uzrokovati i postupci zimskog održavanja cesta (posipanje soli i sipine) i održavanja općenito (upotreba herbicida za sprečavanje rasta korova i slično). Od navedenog najznačajniji utjecaj na vrstu i koncentraciju onečišćenja imaju karakteristike prometa, taloženje iz zraka, postupci održavanja i korištenje okolnog zemljišta (Jakobsen i dr., 2010).
Oborinske vode je kao i druge raspršene izvore onečišćenja teško kontrolirati radi velikog broja i tipova difuznih ispuštanja. Uspješna kontrola takvih izvora onečišćenja zahtjeva učinkovito planiranje i donošenje odluka o najboljem iskorištavanju dostupnih resursa. Iako oborine učinkovito ispiru onečišćenja sa površine ceste i kraće razdoblje između oborina rezultira manjim koncentracijama onečišćivača u oborinskim vodama, varijacije u količini onečišćenja ovise i o odnošenju krutih čestica uzrokovanom turbulencijom zraka, a isparavanjem i oksidacijom smanjuje se međusobna ovisnost trajanja sušnog perioda i koncentracije onečišćivača. Intenzitet oborina znatno utječe na vrstu i količinu onečišćenja u oborinskim vodama jer se mnogi onečišćivači vežu na čestice koje se lakše kreću prilikom intenzivnog ispiranja. Zbog toga su najveće koncentracije onečišćivača uglavnom povezane sa prvim dotokom sa ceste (tzv. *first flush* efekt), naročito u prvih 30-60 minuta dotoka. Iako se mnoge krutine i druga onečišćenja koja se sakupljaju na prometnim površinama i rigolima brzo isperu, onečišćenja od vozila i iz atmosfere konstantno se unose u oborinske voda za vrijeme trajanja oborina. Zbog toga su kod većeg volumena oborina koncentracije onečišćivača manje, ali su dotoci onečišćenja za dugotrajnih oborina veći. Velika varijabilnost u sastavu i koncentracijama onečišćivača u oborinskim vodama posljedica je brojnosti izvora i kompleksnosti utjecaja, te predstavlja veliki izazov u upravljanju oborinskim vodama. Faktori koji utječu na varijabilnost sastava i koncentracije onečišćivača uključuju:

- veličina dreniranog područja, odnosno ukupna količina oborinskih voda,
- karakteristike sustava odvodnje,
- upotreba okolnog zemljišta i površinski pokrov,
- količina i intenzitet oborine, te trajanje sušnog perioda između oborina,
- prisutnost izvora onečišćenja,
- brzina uklanjanja ili nakupljanja onečišćivača.

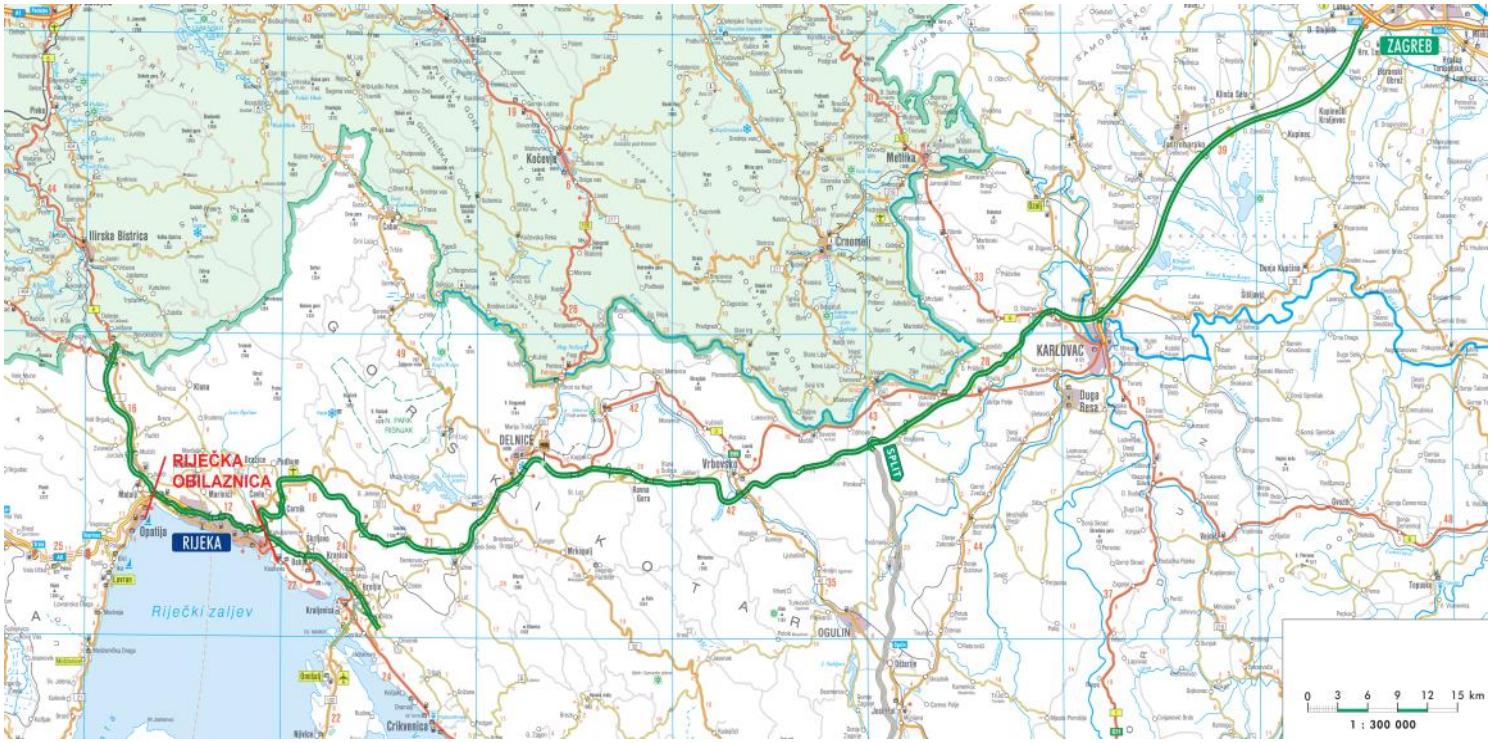
Koncentracije onečišćenja u oborinskim vodama također ovise i o tome jesu li onečišćenja u otopljenom ili partikularnom obliku. Veliki dio teških metala, ulja, masti, ukupnog organskog ugljika veže se na krute čestice i njihove su koncentracije veće kod manjih frakcija. Veličina krutih čestica vrlo je bitna za njihov transport, a

time i transport onečišćenja vezanih na njih. Preko 50% teških metala povezano je na manje frakcije (<43μm) na koje se uglavnom vežu i najveći dio poliaromatskih ugljikovodika i ukupnog organskog ugljika, a koje povećavaju kemijsku potrošnju kisika. Ove frakcije su suspendirane u oborinskim vodama, pa je suspendirana tvar daleko značajniji prijenosnik onečišćivača od prašine. Pored toga hranjive tvari, organski fosfor i organsko olovo najčešće se pojavljuju u otopljenom stanju. Za kontrolu i sprečavanje onečišćenja okoliša oborinskim vodama sa cestovnih površina koriste se najbolji postupci upravljanja (NPU) koji su definirani kao odabrane metode, mjere i prakse za ostvarenje ciljeva kontrole ovih raspršenih izvora onečišćenja (Jakobsen i dr., 2010).

Onečišćenost oborinskih voda obično se izražava prosječnom koncentracijom po događaju (*Event Mean Concentartion, EMC*) ili prinosom (*Yield, Y*). Prosječna koncentracija po događaju se dobiva tako da se ukupna masa onečišćivača podijeli sa ukupnim volumenom oborinske vode i obično se izražava u miligramima po litri (mg/l), a prinos je masa onečišćivača koja se s određene površine ispusti u recipijent kroz određeni period i najčešće se izražava u kilogramima po hektaru godišnje (kg/ha-god) (Shaver i dr, 2007). Za određivanje značaja utjecaja na okoliš potrebno je poznavati sve prirodne procese koji se narušavaju izgradnjom i korištenjem autoceste, te posljedične promjene. Kada su određene vrste onečišćivača i opterećenje istima za svaki pojedini segment sustava odvodnje, potrebno je poznavati i kemijska svojstva onečišćivača i načine pronosa u oborinskim vodama. Radi određivanja potrebne razine kontrole također je neophodno poznavati i uspješnost sustava odvodnje u uklanjanju onečišćivača iz oborinskih voda. Tek kada su poznati svi navedeni parametri može se odrediti značaj utjecaja onečišćivača i potrebna razina kontrole.

3. RIJEČKA OBILAZNICA

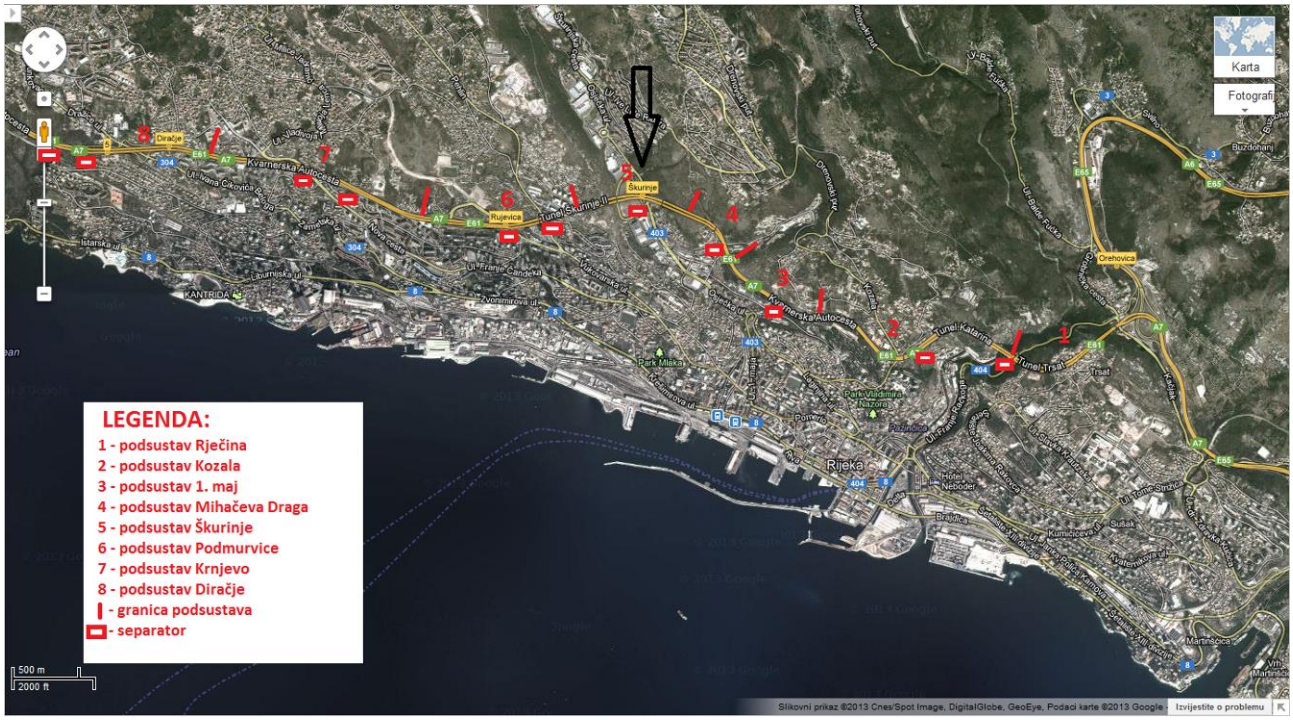
Riječka obilaznica se proteže od čvora Orehovica do čvora Matulji, a duljina dionice iznosi 8,85 km.



Slika 3. *Dionice autoceste koje se spajaju na riječku obilaznicu*
Source: (Arhiva HAC-ONC d.o.o.)

Dionica se nalazi na autocesti A7 Rupa - Križišće. Riječka obilaznica sa svojim odvojcima u smjeru Trsta, Ljubljane, Zagreba i Splita predstavlja magistralni cestovni pravac šireg međunarodnog značaja i čini dio transeuropske cestovne mreže. Prva faza izgradnje riječke obilaznice (sjeverni kolnik) završena je pred 20-ak godina, a dopuna na puni profil (po dvije trake za svaki smjer) završena je 2009. godine. Na čitavoj dionici

riječke obilaznice izveden je zatvoreni sustav odvodnje. Odvodnja oborinskih voda projektirana je prilikom planiranja izgradnje prve faze u skladu s tadašnjom regulativom i propisima. Iako je prvobitna projektna dokumentacija obuhvaćala oba kolnika (sjeverni i južni), te je za nju izdana građevinska dozvola, za dogradnju južnog kolnika, koja je završena 2009. godine, bilo je potrebno izraditi nove projekte u sklopu kojih su ugrađene i određene promjene i dopune sustava odvodnje, a sve radi usklađenja sa stanjem na terenu i primjene aktualnih propisa vezanih za odvodnju oborinskih voda s prometnica (HRN preuzeta iz standarda U.C4.020). Prema prvobitnom projektu odvodnje, a u skladu s ondašnjom regulativom i propisima korišten je podatak o mjerodavnom intenzitetu oborina od 160 l/s/ha i na osnovi tog podatka je dimenzionirana odvodnja. Prema sadašnjoj regulativi i propisima za projektiranje prometnice tog ranga mjerodavni intenzitet oborina je znatno veći jer se koristi 5-godišnji povratni period (310 l/s/ha) kojem se treba dodati i dotok od 100 l/s u slučaju incidentne situacije (havarije cisterne), te je odvodnja dimenzionirana na ukupno 410 l/s/ha. Sustav odvodnje riječke obilaznice je sukladno konfiguraciji i elementima trase prometnice podijeljen na 8 manjih podsustava (Rječina, Kozala, 1. Maj, Mihačeva Draga, Škurinje, Podmurvica, Krnjevo, Diračje) od kojih jedino podsustav Diračje nije priključen na postojeći gradski sustav odvodnje, već se iz njega oborinske vode nakon separatora upuštaju u podzemlje sustavom infiltracijskih bunara.



Slika 4. *Podsustavi odvodnje na riječkoj obilaznici, separatori i lokacija čvora Škurinje*
Source: (Breulj i dr., 2009)

Pošto je od završetka prve faze izgradnje obilaznice grada Rijeke došlo do intenzivne izgradnje gradskog područja sa obje strane trase obilaznice, te je sukladno tome izgrađeno i niz novih priključaka na gradski sustav odvodnje, na pojedinim lokacijama sustav odvodnje kod oborina dolazi do hidrauličkih preopterećenja, plavljenja, izbacivanja poklopaca okana odvodnih kanala i sličnih nepovoljnih situacija. Analizom prometa nakon završetka punog profila riječke obilaznice utvrđeno da je prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) oko 24.000 vozila i prosječni ljetni dnevni promet (PLDP) oko 35.000 vozila i jasno je da se radi o prilično otereće noj prometnici. Kako su vozila jedan od glavnih izvora onečišćenja oborinskih voda iz podataka o prometu jasno je da opterećenje onečišćivačima na riječkoj obilaznici značajno. Dosadašnja istraživanja nisu utvrdila neposrednu korelaciju između PGDP-a i koncentracije većine onečišćivača, no generalno gledajući oborinske vode sa urbanih autocesta s velikim PGDP-om imaju znatno više koncentracije većine onečišćivača, te su oborinske vode sa takvih prometnica realna prijetnja kakvoći prijemnih voda. Iako se oborinske vode sa riječke obilaznice uglavnom ispuštaju u gradski sustav odvodnje, ne može se zanemariti opasnost koju te vode predstavljaju za prijemne vode. Trenutno se na riječkoj obilaznici u skladu sa zakonskim obavezama i zahtjevima iz Vodopravne dozvole provodi monitoring kakvoće oborinskih voda na izlasku iz separatora i sastava mulja iz separatora. U sklopu obrade podataka dobivenih monitoringom oborinskih voda, a sukladno zahtjevima norme ISO 14001:2004 i kontinuiranim ciklusom provjere i poboljšanja mjera zaštite okoliša utvrđeni su određeni nedostatci koji bitno utječu na

pouzdanost dobivenih podataka. Radi poboljšanja mjera zaštite okoliša, u suradnji s Građevinskim fakultetom iz Rijeke i komunalnim društvom Vodovod i kanalizacija iz Rijeke, pokrenut je program monitoringa količine i kakvoće oborinskih voda u čvoru Škurinje na riječkoj obilaznici. Suradnjom sa Građevinskim fakultetom iz Rijeke koji je najrelevantnija znanstvena institucija u području interesa i komunalnim društvom Vodovod i kanalizacija iz Rijeke koje je lider u području upravljanja sustavima odvodnje osiguran je cjelovit pristup problematici zaštite prijemnih voda od negativnog utjecaja sa prometnice pod ingerencijom tvrtke HAC-ONC d.o.o., zadovoljene su sve pretpostavke neophodne za poboljšanja programa upravljanja sustavom odvodnje, te sprečavanja i kontrole onečišćenja oborinskim vodama u skladu sa najnovijim znanstvenim dostignućima, dostupnim tehnologijama i raspoloživim resursima. Ovo je pogotovo bitno pošto riječka obilaznica prolazi kroz krško područje za koje je karakterističan brzi prelazak površinskih tokova u podzemlje, a zbog obično tankog ili nepostojećeg površinskog pokrova autopurifikacija voda filtracijom kroz tlo je vrlo mala ili je nema. Voda se kroz krško podzemlje kreće vrlo brzo, te se onečišćivači koji uđu u podzemlje mogu prenositi na velike udaljenosti u vrlo kratkom vremenu. Zbog toga su krški vodonosnici vrlo osjetljivi na onečišćenja. Osnovni cilj svakog projekta u krškom terenu trebao bi biti da se što je manje moguće naruši prirodna hidrološka ravnoteža, odnosno postojeći odnosi evapotranspiracije, infiltracije i površinskog otjecanja, te da se prilikom izgradnje objekata uzmu u obzir sve posebnosti krša. Razumijevanje prirodnih i antropogenih procesa u kršu je vrlo značajno prilikom projektiranja sustava odvodnje i upravljanja oborinskim vodama jer zbog zahvata u kršu i bilo kakvog poremećaja u toku površinskih i podzemnih voda može doći do narušavanja postojeće ravnoteže, destabilizacije površine terena, razvoja vrtača ili klizišta, te pogoršanja kakvoće voda u kršu. Riječka obilaznica prolazi slivnim područjem izvorišta pitke vode u gradu Rijeci koji su najveća i najvrednija drenažna cjelina u Primorsko – goranskoj županiji. Trasa riječke obilaznice prolazi neposredno iznad izvora Zvir i njegove I zaštitne zone, II i III zonom sanitarne zaštite izvorišta, te zonom djelomičnog ograničenja.

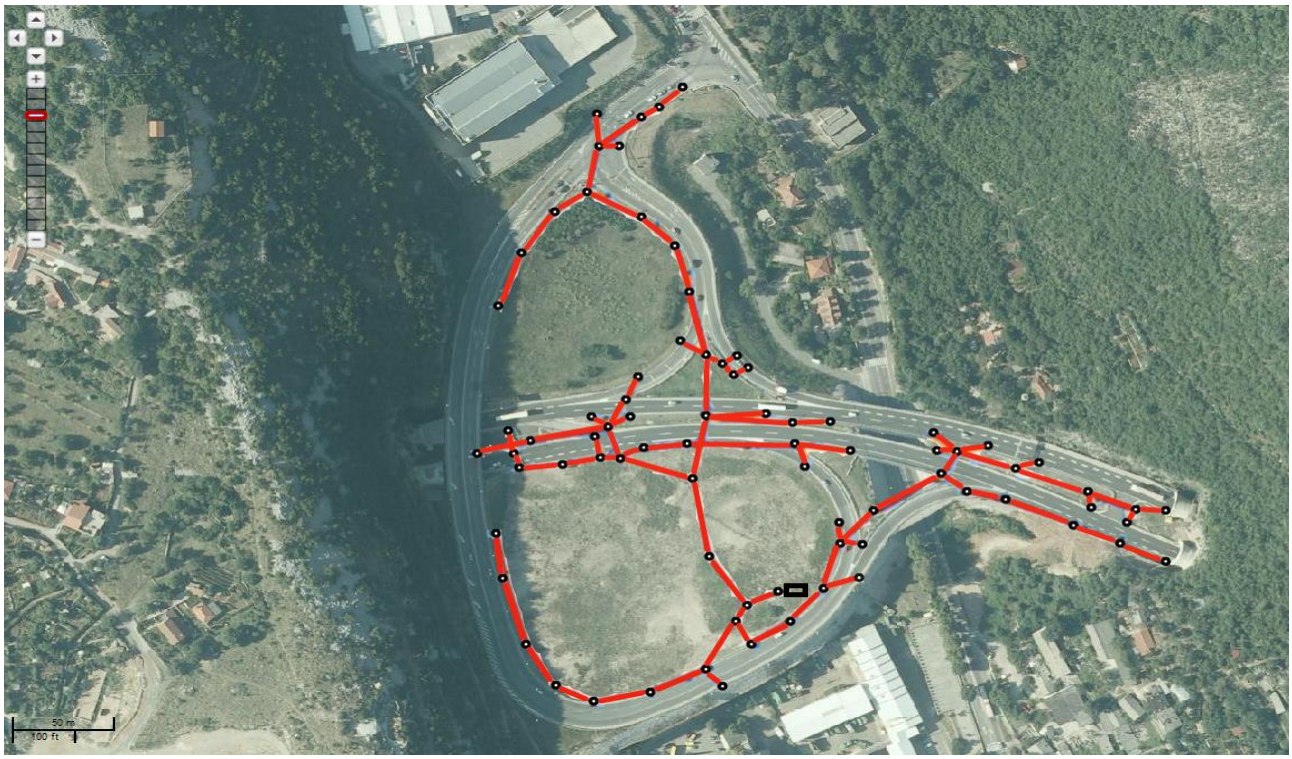


Slika 5. Zone sanitarne zaštite izvorišta i trasa riječke obilaznice
Source: (Arhiva KD Vodovod i kanalizacija d.o.o.)

Temeljne značajke ovog sliva, kao i svih krških slivova, su prostrane zone prikupljanja vode u planinskim područjima vrlo bogatim oborinama, kompleksni uvjeti izviranja na kontaktima s vodonepropusnim barijerama ili pod uspornim djelovanjem mora, te velika osjetljivost na onečišćenja. Izvor Zvir je najizdašnije izvorište na području grada Rijeke čijom se vodom opskrbljuje riječki prsten s desne obale Rječine sve do Opatije i zajedno sa izvorom Rječine daje 90% vode za piće koju distribuira KD Vodovod i kanalizacija d.o.o. iz Rijeke. Učinkovita zaštita tako vrijednog resursa nema alternative.

3.1. Čvor Škurinje

Čvor Škurinje nalazi se u središnjem dijelu riječke obilaznice i odabran je za lokaciju monitoringa oborinskih voda jer se na njemu svi potrebni radovi mogu izvoditi bez ikakvog utjecaja na sigurnost prometa.



Slika 5. Čvor Škurinje i sustav odvodnje
Source: (Arhiva HAC-ONC d.o.o.)

Čvor "Škurinje" je izveden sa svim priključnim rampama tako da je prilagođen sjevernom kolniku. Kolektori odvodnje oborinskih voda izvedeni su tako da su kod izgradnje južnog kolnika ostali u funkciji bez izvođenja većih dodatnih radova. Jedino su određeni postojeći slivnici sjevernog kolnika ili djelomično rušeni ili dograđivani i usklađeni sa kotama projektiranog kolnika, a dio kolektora do separatora "Škurinje" je zamijenjen sa većim profilom cijevi. Kako je trasa ceste položena kroz vodozaštitna područja, odvodnja oborinskih voda sa pripadajućih površina ceste riješena je zatvorenim, nepropusnim sustavom odvodnje i pročišćavanjem na separatoru prije upuštanja u postojeći gradski sustav mješovite odvodnje. U čvoru Škurinje preko separatora klase II i ukupne zapremine 84 m^3 u postojeći gradski sustav mješovite odvodnje ispuštaju se potencijalno onečišćene oborinske vode s prometnih površina, te tehnološke otpadne vode od pranja tunela Škurinje I i II. Navedene vode se nakupljaju na ukupnoj površini od 29.630 m^2 od čega se 15.840 m^2 odnosi na tunele, a 13.790 m^2 na cestu. Sustav odvodnje čvora Škurinje čine tri odvojena podsustava koji se spajaju prije ulaska u separator. Veliki plato na kojem je smješten separator prije kojeg se spajaju tri podsliva odvodnje čini ga idealnim mjestom za lokaciju monitoringa oborinskih voda.

4. MONITORING OBORINSKIH VODA U ČVORU ŠKURINJE

Oborinske vode je, kao i druge raspršene izvore onečišćenja, teško kontrolirati radi velikog broja i tipova difuznih ispuštanja. Uspješna kontrola takvih izvora onečišćenja zahtjeva učinkovito planiranje i donošenje odluka o najboljem iskorištavanju dostupnih resursa, te zbog toga treba osmisliti, izraditi i sprovesti kvalitetan program upravljanja oborinskim vodama. Program upravljanja oborinskim vodama treba sadržavati kontinuirani ciklus provjere i poboljšanja u 4 faze:

- utvrđivanje postojećeg stanja – analiza postojećih podataka o sustavu odvodnje, upravljanju oborinskim vodama, slivnom području i izvorima vode u području utjecaja, te sakupljanja dodatnih podataka potrebnih za ispunjavanje "rupa" u dostupnim podacima,

- kvantificiranje oborinskih voda, utvrđivanje količina i učinaka onečišćivača – terenski rad, korištenje procjena i modela za određivanje opterećenja onečišćivačima, značaja utjecaja i potrebne razine kontrole,
- procjena alternativa – određivanje optimalnog omjera postupaka prevencije i obrade pri rješavanju problema od interesa,
- razvoj i primjena programa – definiranje izabranog sustava prevencije i obrade za rješavanje problema onečišćenja, te razvoj plana primjene definirane prakse.

Jedan od ključnih dijelova svakog programa upravljanja oborinskim vodama je monitoring oborinskih voda pošto je za kvalitetno upravljanje ključno što točnije poznavanje kvalitete i kvantitete oborinskih voda. Kako su tvari u oborinskim vodama obično prisutne u niskim koncentracijama glavni je problem kod analiza sposobnost detektiranja i mjerenja unutar zadanih granica točnosti. Vrlo je važno da se uz rezultate analize navedu i svi podaci o postupcima rukovanja s uzorcima, korištenim metodama analiza, granicama detekcije, te programu osiguranja i kontrole kvalitete. Prilikom uzimanja uzoraka oborinskih voda također je vrlo bitno detaljno zabilježiti uvjete u kojima je izvođeno uzorkovanje jer su ti podaci, radi karakteristika oborinskih voda, često neprocjenjivi kasnije pri interpretaciji rezultata analiza. Potrebno je zabilježiti:

- datum i vrijeme uzorkovanja,
- tko je izvodio uzrokovanje,
- vremenske uvjete i uvjete toka prije i za vrijeme uzorkovanja,
- broj i vrstu uzetih uzoraka,
- rezultate kalibracije za terenske instrumente,
- terenska mjerenja,
- fotodokumentacija,
- odstupanja od procedure uzorkovanja,
- neuobičajene pojave (npr, boja vode i zamućenost, prisutnost filma ulja, mirisa i slično).

Monitoring oborinskih voda u čvoru Škurinje planiran je u dvije faze – pripremnoj i provedbenoj.

4.1. Pripremna faza monitoringa oborinskih voda u čvoru Škurinje

U pripremnoj fazi monitoringa u čvoru Škurinje najprije je provedeno prikupljanje i analiza postojećih podataka o svim elementima bitnim za područje istraživanja. Iz prikupljenih podataka utvrđeno je da prema vodopravnoj dozvoli izdanoj 15.03.20111. godine ne postoji obaveza monitoringa oborinskih voda u čvoru Škurinje pošto se iste ispuštaju u sustav javne odvodnje. Na separatoru u čvoru Škurinje su prije završetka izgradnje punog profila provođene analize vode na ulasku i izlasku iz separatora i rezultati analiza su pokazali učinkovitost separatora u skladu s projektom, te da uzorci vode udovoljavaju zahtjevima za ispuštanje u prirodni prijemnik II kategorije. Nažalost navedene analize ne sadrže ključne meteorološke i podatke o uvjetima toka, te su neiskoristivi za utvrđivanje opterećenja onečišćivačima.

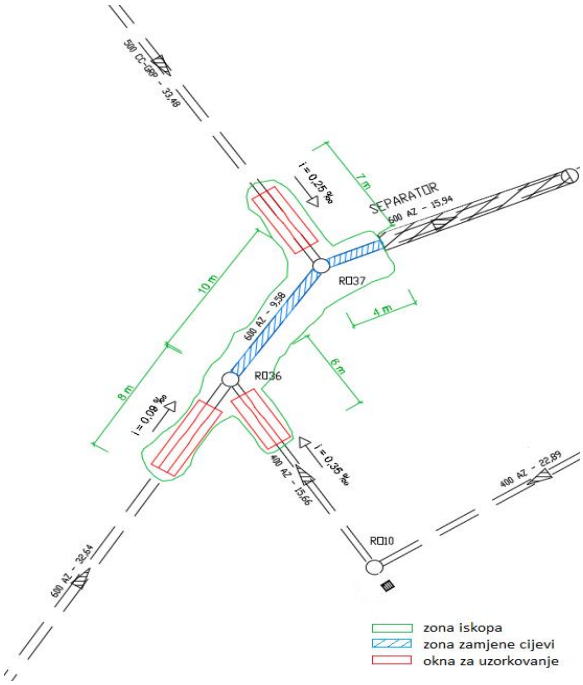
Po završetku izgradnje u rujnu 2009. je provedena i analiza mulja iz separatora kojom je utvrđeno da mulj zadovoljava kriterije za odlaganje na odlagalište neopasnog otpada, te je izvedeno čišćenje separatora. Kako je u rujnu 2009. očišćen separator i završena je izgradnja punog profila riječke obilaznice, taj je datum uzet kao prva referentna točka u okviru monitoringa.

Pored analize postojećih podataka provedeno je aerofotogrametrijsko snimanje pomoću daljinski navođenog oktokoptera AscTec Falcon koji na sebi ima ugrađen GPS uređaj za određivanje pozicije na temelju kojeg je izrađena podloga u vidu 3d točaka, 3d prikaza modela područja, te digitalnog orto-foto zapisa. Iz snimaka je izrađen digitalni model terena (DTM) pomoću programskog paketa Bentley Power GEOPAK, u kojem je na osnovu niza 3d točaka izrađena triangulacija terena. Na osnovu DTM-a izrađena je karta s fiktivnim linijama toka vode. Hidrološko – hidraulički model je izrađen u programskom paketu Bentley CivilStorm, koji služi za proračun i izradu modela svih elemenata oborinske odvodnje, od analize oborina, otjecanja, zahvaćanja oborinske vode te tečenja u cijevima pod tlaka ili sa slobodnim vodnim licem.

Radi utvrđivanja stanja sustava odvodnje u lipnju 2013. provedeno je CCTV snimanje istog. CCTV inspekcijom obuhvaćeno je ukupno 1744,58 metara od čega je snimljeno 1616,97 metara odvodnje i 184,36 metara lateralnih priključaka. U izvještaju o CCTV inspekciji kodirano je ukupno 347 nedostataka u sustavu odvodnje i 15 nedostataka u lateralnim spojevima. Na osnovi nalaza CCTV inspekcije saniran je dio odvodnje na kojem je ustanovljeno urušavanje cijevi i njihova zapunjenost materijalom zaostalim iz faze građenja.

U skladu s potrebama programa monitoringa oborinskih voda izveden je iskop dijela odvodnje radi izrade okana na kojima će se izvoditi uzorkovanje oborinskih voda. Prilikom izvođenja monitoringa planira se uzimanje uzoraka iz sva tri podsliva zasebno, uzoraka prije ulaska u separator u kojem će biti objedinjene vode iz sva tri podsliva, te uzoraka nakon pročišćavanja oborinskih voda na izlasku iz separatora. Radi toga su izvedena tri mjerna okna, te prema pravilima Norme HRN ISO 4359:2005 (Mjerenje protoka tekućine u

otvorenim kanalima – pravokutna, trapezna i U – oblikovana suženja toka) za mjerna mjesta, dio cijevi prije i poslije Venturi kanala će se kalibrirati da se izbjegnu dodatni iskopi i zamjene cijevi.





Slika 6 i 7. Položaj mjernih okana i radovi na iskopu
Source: (Arhiva HAC-ONC d.o.o.)

Unutar svakog okna izvedena je kineta pravokutnog U – oblika, te je na jednom dijelu izvedeno trapezno suženje, tj. Venturi kanal. U mjerna okna ugrađene su tlačne sonde proizvođača SEBA, model MDS Com 5 sa telekomunikacijom i okidačima za uzorkivač otpadnih voda. Po ugradnji izvršeno je kalibriranje mjernih sondi na način da su okna uzvodno i nizvodno začepljena zaptivnim čepovima, te su okna kontrolirano dopunjavana čistom vodom.



Slika 8. Završni izgled mjernog okna i ugrađena oprema
Source: (Arhiva HAC-ONC d.o.o.)

Za potrebe terenskog rada na platou je postavljen kontejner - mjerna stanica u koji se može odložiti sav potreban materijal i uređaji, te obavljati terenski dio posla. Na mjernu stanicu je postavljena meteorološka

stanica Rainwise MKIII sa uređajem za pohranu podataka koja preko stabilne internetske veze kontinuirano odašilje podatke na server za pohranu podataka. Uzorkovanje oborinskih voda će se izvoditi automatskim uzorkivačem Liquiport 2010 CSP 44 (Endress+Hauser) koji će se povezati s mjeračem protoka i uzimati uzorke ovisno o protoku kako bi se uzorkovanjem obuhvatio i prvi dotok koji bi trebao biti najopterećeniji onečišćivačima i naknadni dotok u kojem koncentracija onečišćivača s vremenom opada. Iz rezultata analiza oborinskih voda odredit će se prosječna koncentracija po događaju i prinos onečišćivača. Svi podatci dobiveni monitoringom poslužiti će za kalibriranje matematičkih modela otjecanja i tečenja, te digitalnog modela terena (DTM), te omogućiti da se pomoću dobivenog modela kvalitetno i pouzdano procjeni opterećenje onečišćivačima za čitavu riječku obilaznicu.



Slika 9. Završni izgled platoa i mjerna stanica
Source: (Arhiva HAC-ONC d.o.o.)

U pripremnoj fazi monitoringa provedeno je čišćenje sustava odvodnje i separatora u čvoru Škurinje kojem je prethodilo uzorkovanje mulja iz separatora.

4.2. Provedbena faza monitoringa oborinskih voda u čvoru Škurinje

Provedbena faza monitoringa upravo započinje i očekuje se da će završiti krajem tekuće ili početkom iduće godine kako bi obuhvatila sva godišnja doba i različiti intenziteti i učestalosti oborina. Tako dobivena cjelovita slika o količini i kvaliteti oborinskih voda omogućit će kvalitetnu procjenu opterećenja onečišćivačima na području istraživanja i kvalitetnu kalibraciju računalnog modela, a zatim njegovu pouzdanu primjenu na širem području. Upotreba geografskog informacijskog sustava (GIS) je neophodna u sređivanju velike količine podataka koju je potrebno obraditi, jer omogućuje preglednost i različita tematska povezivanja. Također, pomoću novih metoda prikupljanja i analiziranja podataka, GIS pospješuje statistiku, te na taj način zamjenjuje tradicionalne statističke metode.
28.11.2012. godine uzorkovan je mulj iz separatora prije čišćenja istog. Kako je prije toga separator čišćen u rujnu 2009. mulj se u njemu taložio oko dvije godine. Prema rezultatima ispitivanja uzorak zadovoljava kriterije za odlaganje na odlagalište neopasnog otpada prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja

otpada, kriterijima i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 117/07), te samo vrijednosti za koncentraciju molibdena prelaze granice za inertni otpad, a vrijednosti koncentracije nikla su na samoj granici za isti.

Tabela 1. *Rezultati ispitivanja mulja iz separatora u čvoru Škurinje*

PARAMETRI	METODA	Jed. mjere	REZULTATI	Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada NN 117/2007	
				inertan otpad	neopasan otpad
Suha tvar	HRN ISO 11465:2004	%	51.04		
Gubitak žarenjem (550°C)	HRN EN 12879:2005	% od s.t.	13.81		
pH vrijednost	HRN ISO 10523:2012 en*	pH jed.	8,06		>6
Kloridi	HRN EN ISO 10304-1:2009	mg/kg s.t.	55	800	15000
Fluoridi	HRN EN ISO 10304-1:2009	mg/kg s.t.	0.7	10	150
Sulfati	HRN EN ISO 10304-1:2009	mg/kg s.t.	464	1000	20000
Fenolni indeks	HRN ISO 6439:1998	mg/kg s.t.	0.10	1	
Otopljeni organski ugljik	HRN EN 1484:2002	mg/kg s.t.	229	500	800
Ukupne rastopljene tvari	Upute proizvođača instrumenta	mg/kg s.t.	2340	4000	60000
Arsen, As	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	0.010	0,5	2
Barij, Ba	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	1.980	20	100
Kadmij, Cd	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	0.001	0,04	1
Ukupni krom, Cr	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	< 0.010	0,5	10
Bakar, Cu	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	0.450	2	50
Živa, Hg	AAS AMA 254 Hg	mg/kg s.t.	0.001	0,01	2
Molibden, Mo	ASTM 1976	mg/kg s.t.	0.860	0,5	10
Nikal, Ni	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	0.040	0,4	10
Olovo, Pb	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	0.020	0,5	10
Antimon, Sb	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	0.560	0,06	0,7
Selen, Se	HRN EN ISO 15586:2008	mg/kg s.t.	< 0.010	0,1	0,5
Cink, Zn	SM 21th Ed.2005:3111 B	mg/kg s.t.	0.200	4	50

Izvor: (Arhiva HAC-ONC d.o.o.)

Iako navedena analiza pokazuje da opterećenje onečišćivačima nije veliko ne može se uzeti kao relevantan podatak bez sagledavanja brojnih ostalih aspekata koji utječu na onečišćenje.
Slijedi određivanje količine oborinskih voda ovisno o intenzitetu oborina i izrada hidrograma kako bi se moglo odrediti kada i koliko oborinske vode uzorkovati da bi se dobili što reprezentativniji uzorci koji će omogućiti procjenu onečišćenosti oborinskih voda. Nakon analize uzoraka, procjene opterećenja onečišćivačima, značaja utjecaja i učinkovitosti primijenjenih mjera prevencije onečišćenja izvest će se procjena alternativa, odnosno optimizacije mjera prevencije onečišćenja u skladu s raspoloživim resursima, te dati prijedlozi za poboljšanja u skladu sa znanstvenim dostignućima

5. ZAKLJUČAK

Izgradnjom prometnica se u okoliš unose nepropusne površine, oborinama se smanjuje mogućnost infiltracije u tlo i evapotranspiracije, te se veći dio oborina pretvara u oborinske vode. Glavnina onečišćenja sa površine prometnica završava u oborinskim vodama koje predstavljaju najveću opasnost za okoliš, a naročito za prijemne vode. Monitoring oborinskih voda u čvoru Škurinje trebao bi prvenstveno unaprijediti saznanja o određivanju dinamike sakupljanja i ispiranja onečišćenja s prometnice i učinkovitosti sustava odvodnje riječke obilaznice u uklanjanju onečišćivača iz oborinskih voda, a direktnu korist od ovog projekta trebali bi imati svi učesnici i šira zajednica. Završena je pripremna faza monitoringa oborinskih voda u čvoru Škurinje i stvorene su sve pretpostavke bitne za uspješnu realizaciju ovog projekta. Iako još nema konkretnih

rezultata istraživanja koji bi omogućili donošenje pretpostavki i zaključaka o oborinskim vodama i njihovom opterećenju onečišćivačima, već samo pokretanje ovog projekta jasan je pokazatelj razine svijesti o važnosti zaštite okoliša.
Tvrtci ARZ ON d.o.o. ovaj projekt trebao bi omogućiti usvajanje znanja i tehnologija potrebnih za ostvarenje jednog od osnovnih ciljeva poslovanja - preventivnim mjerama u gospodarenju i upravljanju autocestom gdje je moguće spriječiti, odnosno ublažiti negativne utjecaje svoje djelatnosti na okoliš i svesti ih na prihvatljivu razinu, te doprinijeti poboljšanju stanja okoliša. Osim toga nedvojbeno će poslužiti za edukaciju kadrova i utvrđivanje načina poboljšanja u upravljanju oborinskim vodama i sprečavanju onečišćenja istima, ali i bazom cestovnih podataka uz primjenu GIS-a, prvenstveno vezano za stanje i održavanje sustava odvodnje, no dat će i uvid u mogućnosti poboljšanja vezano za druge dijelove autoceste. Sve to stvorit će osnovu rukovodstvu tvrtke za donošenje strateških odluka vezanih za održavanje sustava odvodnje i upravljanje oborinskim vodama, te autocestom općenito. Uz sve navedeno ovaj projekt je dobra podloga za poboljšanje suradnje ne samo sa ostalim učesnicima projekta već i sa nizom dugih institucija i tvrtki iz zemlje i inozemstva.
Građevinski fakultet u Rijeci po svojoj osnovnoj djelatnosti je zainteresiran za nova saznanja u građevinarstvu i njihovu usporedbu sa suvremenim trendovima. Kroz ovaj projekt dobiva poligon za edukaciju djelatnika fakulteta i studenata, a rezultati analiza provedenih na njemu se kroz objavljivanje stručnih i znanstvenih radova koriste u daljnjem usavršavanju i optimizaciji procesa i uređaja u praksi.
Komunalno društvo Vodovod i kanalizacija iz Rijeke kroz ovaj će projekt dobiti znatno bolji uvid u karakteristike oborinskih voda koje uvelike opterećuju kanalizacijski sustav u njegovoj nadležnosti. Time će se stvoriti preduvjeti za učinkovitije korištenje sustava za pročišćavanja, pogotovo u slučaju velikog opterećenja oborinskim vodama, a sve u cilju učinkovitije zaštite kvalitete podzemnih voda i mora, te standarda korištenja javnih površina i općenito življenja u urbanoj sredini.
Pored toga kroz ovaj projekt se svim učesnicima omogućuje povezivanje sa svim sličnim projektima u zemlji i inozemstvu ovisno o interesima pojedinih učesnika. Sve navedeno u konačnici bi trebalo rezultirati kvalitetnijom i uspješnijom zaštitom jednog od najvažnijih resursa uopće - vode. Voda je opće dobro i temeljna potreba za život i razvoj društva, te je očuvanje tako bitnog resursa neprocjenjivo jer bez vode nema života. Voda je naslijeđe koje treba čuvati, štititi i mudro i racionalno koristiti. Onečišćenje voda smatra se glavnim problemom na globalnoj razini. Upravljanje kakvoćom voda potreba je svakog razvijenog društva jer je voda ograničeni nezamjenjivi resurs, a očuvanje potrebnih količina vode bez očuvanja kakvoće jednostavno nema smisla. Stoga je svatko dužan, u okviru svojih ovlasti i djelatnosti, osobitu skrb posvećivati zaštiti kakvoće voda jer je to preduvjet održivog razvoja društva kojim se zadovoljavaju potrebe sadašnje generacije i ne ugrožavaju pravo i mogućnost budućih generacija da to ostvare za sebe.

Literatura

[1] Arhiva tvrtke HAC-ONC d.o.o.

[2] Arhiva tvrtke Komunalno društvo Vodovod i kanalizacija d.o.o.

[3] Bingham, D.; Boucher, W; Boucher, P. (1993). *Urban Runoff Pollution Prevention and Control Planning*. US EPA (on-line) available at: http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30004LY0.txt

[4] Breulj, D.; Valčić, R. (2009). Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima. Hrvatsko društvo za zaštitu voda; Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. 264-278

[5] Jakobsen, H.T.; Vollertsen, J.; Nielsen, H.A. 2010. *Urban and Highway Stromwater Pollution*. CRC Press. USA. 367 p.

[6] Shaver H.E.; Horner, R.R.; Skupien J.J.; Livingston E.H. 2007. *Fundamentals of Urban Runoff Management: Technical and Institutional Issues*. North American Lake Management Society. USA. 327 p.

CONSTRUCTION OF THE CORRIDOR Xc AND Xd MOTORWAYS – TOWARDS CLOSER COMPLIANCE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES

Milena Peric[1], Mick Hall, Aleksandar Bajovic

Abstract: *To fulfill consent and finance obligations of the project, every works section on the Corridor Xc and Xd motorways is required to implement and comply with an Environmental Management Plan (EMP). The EMP describes the environmental impacts of the motorway section, the sensitive receptors that could be affected and details the mitigation measures to be undertaken by the Contractor during the constructions works to protect the environment.*
Arup in JV with IKS have been appointed as Environmental Management Plan Supervision Consultant (EMPSC), to supervise the implementation of the EMPs. This paper draws on the experience gained through the EMPSC's role to describe the challenges to delivering EMP requirements during the construction of a motorway, for example the complexity of delivering archaeological protection, the different interpretations of treatment of washout water from concrete mixers and the storage of hydrocarbons on site. The paper provides a description of some key reasons for environmental protection and proposes the environmental best practice measures that will strengthen compliance with EMPs in future projects.

Key words: *motorway, key environmental issues, EMP, mitigation measures, environmental best practice.*

1. INTRODUCTION

Major infrastructure projects, such as the construction of the Corridor Xc and Xd motorways in Serbia, require an assessment of their environmental impact. This requirement is reflected in the policies of many of the international financing bodies around the world.

One of the tools in the environmental protection arsenal is the Environmental Management Plan (EMP). The EMP details the measures by which negative impacts identified in the Environmental Impact Assessment (EIA) are to be mitigated. During construction, the implementation of these measures and their effectiveness in protecting the environment are often monitored. On the Corridor Xc and Xd project, one of the bodies engaged in this monitoring is an independent Environmental Management Plan Supervision Consultant (EMPSC).

This paper describes the background, content and requirements of the EMP, and the role of the EMPSC in monitoring compliance with the EMP during construction works. With reference to key environmental issues noted by the EMPSC during monitoring, this paper outlines specific environmental protection measures, illustrates the challenges faced on site in delivering the measures and it provides examples of best practice and/or recommendations for improvement. The topics covered are archaeologically significant sites, wastewater from the washing of concrete mixers, soil pollution due to poor storage of oil and siltation of watercourses during works in rivers.

Section 8 provides a summary of the environmental insight and lessons learnt on the Corridor Xc and Xd project. It also provides suggestions for further improvements to an EMP document in order to make it a more efficient tool for delivering environmental protection during construction works.

2. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN (EMP) AND THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN SUPERVISION CONSULTANT (EMPSC)

All projects financed by the World Bank are governed by Bank Policies (BP) and Operation Policies (OP), whose subjects range between poverty reduction and rapid response to crises and emergencies [1]. The subject of OP 4.01 is Environmental Assessment, which describes how the environmental impact of a proposed project needs to be evaluated as part of the World Bank's decision making process.

The World Bank undertakes an environmental screening process of the proposed project to define it as one of four categories (A, B, C and FI). The project of the Corridor Xc and Xd motorways was classified as Category A [2], which is described as "likely to have significant adverse environmental impacts". For

[1] Corresponding author: milena.peric@arup.com, milena.peric@asmecbg.com

Category A projects, the World Bank requires additional steps to satisfy their environmental assessment requirements. One such step is the preparation of an Environmental Management Plan (EMP), which is described in Annex C of OP 4.01 [3]. Annex C [3] of OP 4.01 describes that an EMP should contain details of:–

- the mitigation measures through which environmental impacts may be reduced to acceptable levels
- the environmental monitoring necessary to determine the effectiveness of the mitigation measures
- the roles and responsibilities of personnel and the training required to implement the recommendations of an Environmental Impact Assessment (EIA).

In general, an EMP serves to translate the findings of an EIA into actual techniques to be applied at various stages of the projects ([4] and [5]). The EMP outlines the environmental impacts and the sensitive receptors that could be affected by the project and provides details of how to mitigate the negative impacts and enhance the positive benefits of the project, during both the construction and the operational project phases.

Mitigation measures serve to reduce environmental impacts to acceptable levels, and are developed based on an understanding of the environmental risk of a construction activity. In order to accurately characterise an environmental impact, the risks need to be well-defined and well-understood [4]. The success of mitigation can be affected by construction technique and by management or individual initiative. The involvement of large numbers of personnel in the execution of construction works adds additional complexity to the management of environmental risk, and as a result, monitoring committees and independent consultants are often called upon [4].

Contractually, the Contractor is required to implement the measures specified in the EMP and the Construction Supervision Engineer (CSE) oversees this implementation on behalf of the client and instructs the Contractor when improvements are required. In addition and at the request of the Financing Institutions, an independent Environmental Management Plan Supervision Consultant (EMPSC) has been engaged to monitor the implementation and effectiveness of the mitigation measures on site. This role is fulfilled by Arup, in joint venture with the Institute Kirilo Savic, for the construction phase of the Corridor Xc and Xd motorways.

The sections below draw from the experience of the EMPSC to illustrate the challenges faced by the Contractor in the implementation on site of the measures prescribed in the EMP. The descriptions include how these challenges have been overcome or faced by all the participants on the project and present suggestions for continued progress.

3. ARCHAEOLOGY

An important part of the EMP is the protection of cultural monuments and archaeological heritage. Archaeological sites that are identified in the vicinity of the alignment are investigated before the construction works begin. However, the EMP also outlines measures to be taken in the case of “chance finds”.

Infrastructure projects have been instrumental in uncovering many key archaeological finds in Europe. During the late 16th century, the construction of a canal to channel waters from the Sarno River at the foothills of Vesuvius for the purposes of irrigation chanced upon the city of Pompeii [6]. More recently, the fossils of over eight different dinosaur species were uncovered during the works by Ferrovial Agroman on cut and cover tunnels for the high-speed rail near the town of Cuenca ([6] and [7]). In Serbia, the Corridor Xc and Xd project has provided a unique opportunity for several significant archaeological sites to be investigated prior to the start of construction, including: the Roman road “Via Militaris”, the Roman burial sites at Mala Kopasnica and Davidovac (Picture 1).



Picture 1: *Graves in the Roman burial site at Davidovac*
Source: Tonko Rajkovaca

there is a requirement in the EMP for a chance finds procedure to be implemented because there may be unknown archaeology in an area. This requires the use of an archaeological sub-contractor to oversee excavation works, and to halt works if necessary whilst further investigations are carried out. On the whole this process has worked well along the mainline of Corridor Xc and Xd.

However, as with all construction projects, there is the need for temporary offsite works, for example to obtain suitable material construction at locations up to 2km away from the motorway alignment. In one offsite example, the chance finds procedure was not properly implemented and as a result, irreparable damage occurred of the archaeological site "Latifka" within the 32 000m^2 area of the borrow pit "Mita", where excavation of gravel material was being undertaken.

This regrettable incident did, however, trigger the implementation of several positive measures.

- Archaeological supervision has since been present on site to oversee all earthworks.
- Communication between the Contractor, the archaeological team and the Client has improved, ensuring that the archaeologists are aware of the construction programme.
- The process of obtaining licences and approvals has been improved and is underway for off-site locations (locations that are not included in the design).

In order to avoid damage to archaeological sites, it is imperative that all site personnel are aware of their responsibilities in the case of chance finds. More importantly, clear lines of communication need to be defined so that appropriate actions can be initiated at the upper levels of the Contractor's organisation. To ensure that these measures are undertaken, appropriate training must be held regularly.

One form of training that could be considered would be seminars for site personnel with the participation of archaeologists. The objectives of such seminars would be to describe the historical significance of the area and, more importantly, to outline the emergency procedures for protecting unexpected archaeological discoveries [9].

4. WASHING OF CONCRETE MIXERS

Concrete, bentonite and other cement-based products are highly alkaline and can alter the chemical balance of a watercourse. Furthermore, the very fine alkaline silt of cement-based products can physically damage fish by burning their skin and blocking their gills [10]. The effect of high pH on soil and vegetation may include inhibited growth and substantial alteration of the soil and plant composition [11]. As a result, the EMPs for the Corridor Xc and Xd project require that concreting operations be carefully managed and that on-site concrete washout pits be lined/impermeable [2].

Over the Corridor Xc and Xd sections, the EMPSC has found that the proper maintenance of lined on-site washout pits is difficult to implement. Picture 2 is an illustration of the use of unlined pits. Picture 3 is an example of how the lining of the pit becomes ineffective when washout pits are incorrectly used or are poorly established in the first instance. As a result, the lining becomes ineffective and the wastewater from the concrete washout is able to infiltrate the soil. In such cases, the EMP should clearly define where mitigation measures must be strictly complied with and where different approaches may be implemented.



Picture 2: *Concrete washout pit without lining being used on site*
Source: Milena Peric



Picture 3: *On-site concrete washout pit poorly maintained*
Source: Milena Peric

In the cases where environmental protection measured must be strictly adhered to, Contractors should turn to more permanent structures as on-site washout pits. Current best practice is centered around the re-use of the washout water by combining washout pits with filtration tanks. For example, EnviroWash [14] provides portable washout units, as shown in Picture 4.



Picture 4: *Portable concrete washout unit Envirowash P1*
Source: Envirowash [14]

Concrete mixers wash out into a hopper (seen in the foreground of Picture 4). The hoppers are hinged so that hardened concrete (inert waste) can be removed easily to be taken for crushing and re-use as road base or construction fill. More importantly, washout water is pumped from the hoppers into a “forced wier tank system” (seen in the background of Picture 4). Here, it undergoes filtration and sedimentation through several tanks before clean water is stored in a final tank to be re-used in subsequent washing operations.

Ideally, such portable washout units would come to be regarded as a necessary part of any concrete batching plant. In order for such a measure to be implemented on site, it would probably be best to define the provision of similar washout methods as a requirement when obtaining a licence for a concrete batching plant.

5. STORAGE OF OIL: LONG-TERM AND TEMPORARY MEASURES

Oil is a toxic substance, which can poison the organisms that become exposed to it. Smaller organisms can be smothered by oil spilled into watercourses while the feathers of birds and the fur of mammals get matted down by oil – losing their insulation properties [15].

The EMP requires that oil be stored away from watercourses and that all areas designated for the storage of hydrocarbons have secondary containment measures [2]. Also presented in the EMP are the volume requirements of the secondary containment, to take appropriate account of the risk of multiple spills and rainfall.

The EMPSC has found that site requirements of oil storage are often under-estimated and quickly become insufficient. Picture 5 and Picture 6 are examples of soil pollution where secondary containment around oil barrels has not been provided. This is often a consequence of poor planning and insufficient monitoring of the situation on site in order to identify where mitigation measures need to be updated.

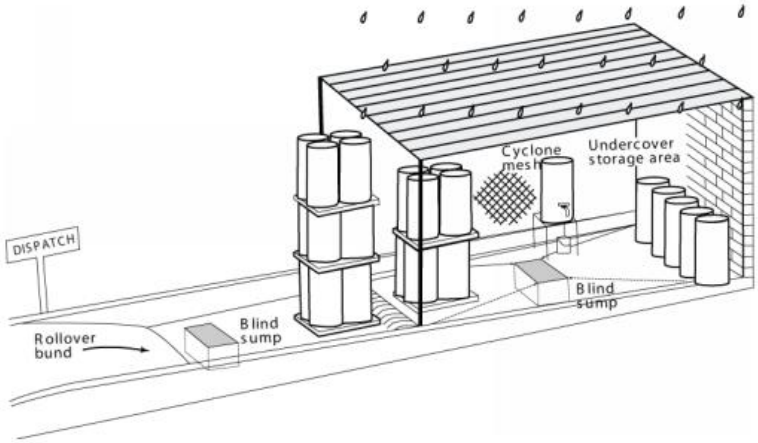


Picture 5: *Storage of oil barrels without secondary containment – leading to soil pollution*
Source: Milena Peric



Picture 6: *Accumulation of oil barrels and storage outside of secondary containment – leading to soil pollution*
Source: Milena Peric

Secondary containment for storage areas of hydrocarbons is usually established using a bund, which is an impervious wall that prevents the propagation of a spill to the surrounding environment. Ideally, a roof should be provided over the storage area and the floor of the area should slope towards a sump, where any spilt liquid can be collected and disposed of appropriately [15]. Vehicle access into the storage area can be enabled by means of ramps or roll-over bunds (Picture 7).



Picture 7: *Sketch of best practice example of bunded area for storage of oil barrels*
Source: EPA 080/12 [15]

In contrast to the long term or permanent storage areas, several good examples of temporary on-site storage of hydrocarbons have been noted on the Corridor Xc and Xd project. Picture 8 shows the temporary storage of motors and lubricants on site and Picture 9 shows the use of spill trays as secondary containment under diesel generators on site. A collection of spill trays on site together with appropriate spill kits enable quick, cheap and easy solutions for temporary storage of oils and chemicals around site.



Picture 8: *Storage of lubricant and diesel motors inside container on site*
Source: Milena Peric



Picture 9: *Spill tray provided under operating diesel generator*
Source: Milena Peric

6. IN-RIVER WORKS

The alignment of a motorway crosses many obstacles, including rivers. The need to provide environmental protection during in-river works is clear because these works affect the whole eco-system that surrounds the river.

The EMPSC's observations of the environmental impact due to in-river works on the Corridor Xc and Xd project show that the siltation of rivers is the most notable environmental impact. This varies from collapsing pipe culverts over river crossings (Picture 10) to the removal of temporary earth material deposits during high water flow (Picture 11).



Picture 10: *Collapsed pipe culvert crossing over the Korbevacka River and disturbed river banks*
Source: Milena Peric



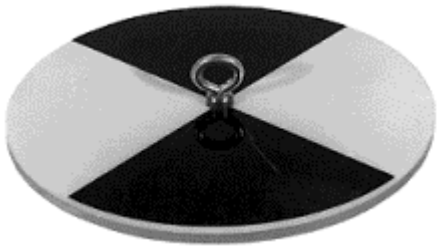
Picture 11: *Removal of temporary earth deposit in Juzna Morava River during high water flow – siltation*
Source: Milena Peric

The environmental impact of suspended solids in a watercourse can be summarised as follows ([10], [12] and [18]):

- As suspended particles absorb heat from sunlight, the water in the river becomes warmer and therefore it is more difficult for oxygen to dissolve.
- By scattering the sunlight, less photosynthesis takes place and even less oxygen is available in the water.
- When suspended solids settle, shallow lakes can become filled and connections between waterbodies can become severed.
- Fish eggs and larvae are covered by the settling sediment and suffocate.

The mitigation measures in the EMPs of the Corridor Xc and Xd project center around avoiding in-river works. They rely on method statements prepared by the Contractor to include best practice and for local authorities to issue conditions to ensure good water quality. During the construction of bridges, in-river works are often unavoidable and therefore, it is perhaps important for the EMP to include design criteria for temporary crossing or the necessity for silt traps.

Various methods are available for temporary crossings and trapping silt ([10] and [13]). However, it is also important to highlight that turbidity is very easy to monitor on site. Turbidity is the measure of how much light is scattered through a solution [17]. Although not directly related to the concentration of suspended solids, turbidity is a good indicator of the clarity of a water sample and relatively simple to measure (and therefore monitor) on site.



Picture 12: *Secchi disk*
Source: Lentech Water Treatment Solutions [18]

Picture 12 shows a secchi disk, which can be used to measure turbidity. The disk is lowered into the watercourse using a rope until the pattern on the disk is no longer visible [18]. The length of rope (water depth) at which the disk becomes indiscernible is an indication of the turbidity – the longer the length, the clearer the water. Overall, this is a relatively simple means of determining whether measures to mitigate siltation need to be implemented.

The difficulty in assigning environmental risk was discussed in Section 2 above. However, turbidity is an example of when the environmental risk can be easily identified and quantified on site. Therefore, this advantage should be made use of on site because rivers are important not only as eco-systems but as recreational areas for local residents.

7. CONCLUSIONS

This paper illustrates how the EMP serves as a tool to mitigate the negative environmental impacts of a construction project. The role of the EMPSC has also been described. In this role on the Corridor Xc and Xd project and in order to raise the environmental awareness of all the participants on the project, Arup has provided pocket guides, training and posters (Picture 13).



Picture 13: *Posters to raise the environmental awareness of all the participants on the Corridor Xc i Xd construction project*
Source: Ove Arup & Partner International Ltd

The description of some key environmental protection issues, noted by the EMPSC during the monitoring of the construction works on the Corridor Xc and Xd project, has highlighted the need for regular environmental training of site personnel. It is also important for the EMP to clearly define why environmental protection measures are necessary and the cases where they must be strictly complied with.

Furthermore, it has been illustrated why an EMP should define clear aims and indicators through which it may be determined whether these aims are being achieved. Finally, clear procedures for dealing with non-compliance should be outlined. Such procedures would demonstrate the consequences and penalties of poor environmental practice; providing environmental personnel on site with distinct steps for subsequent action. The implementation of both fundamental and additional environmental protection measures needs to be continually checked and audited to identify the situations in which a review of the mitigation measures is required. Consequently, when mitigation measures are revised, environmental training of site personnel should be updated and repeated.

To describe recommendations for further improvement, it should be noted that EMPs for the Corridor Xc and Xd project include monitoring tables. These tables provide an efficient means of reference for the requirements of the EMP. In order to make the EMP an even more practical document, more use should be made of visual tools. For example, maps or Geographic Information System (GIS) could be provided which highlight the environmentally sensitive areas on and adjacent to the site, the surrounding waterways and drainage infrastructure, the archaeologically significant sites, the habitats of the local fauna, the locations with vegetation that requires protection, etc.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Asmec Consultants. We would also like to thank the rest of the Arup/IKS team for their support – in particular Miklos Orova and Tonko Rajkovaca.

We are grateful to Koridori Srbije for their support and approval in using our experience on the Corridor Xc and Xd motorways as a case study.

9. REFERENCES

[1] World Bank Operations Manual. Bank Policies and Operational Policies (online) available at: http://siteresources.worldbank.org/EXTOPMANUAL/Resources/EntireOpManualExternal.pdf?resourceurlname=EntireOpManualExternal.pdf

[2] Environmental Management Plan and Check List for Corridor X highway Project Component 1 – Corridor Xd Section Vladicin Han – Donji Neradovac. 2010. (online) available at: http://www.koridor10.rs/stari/doc/38-eia-2012-05-22/Studija_o_proceni_uticaja_E75_CaricinaDolina_-VladicinHan.pdf

[3] World Bank Operations Manual. Operation Policy 4.01 – Annex C. 1999 (online) available at: http://siteresources.worldbank.org/EXTOPMANUAL/Resources/EntireOpManualExternal.pdf?resourceurlname=EntireOpManualExternal.pdf

[4] Lochner, P. 2005. *Guideline for Environmental Management Plans*. CSIR Report No ENV-S-C 2005-053 H. Republic of South Africa, Provincial Government of the Western Cape, Department of Environmental Affairs and Development Planning. Cape Town.

[5] DIPNR. 2000. *Guideline for the Preparation of Environmental Management Plans.* Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources (DIPNR). (online) available at: http://www.planning.nsw.gov.au/rdaguidelines/documents/emp_guideline_publication_october.pdf

[6] Corrales, J. E. 2013. *Archaeological and paleontological sites in construction projects*. (online) available at: https://blog.ferrovial.com/en/2013/10/archaeological-and-paleontological-sites-in-construction-projects/

[7] Owen, J. 2007. *Massive dinosaur "graveyard" discovered in Spain*. (online) available at: http://news.nationalgeographic.com/news/2007/12/071210-dinosaur-grave.html

[8] O'Hara, E. 2010. *A balanced approach to the rescuing of archaeological finds from development projects. Doc 12285* Report for the Committee on Culture, Science and Education. Council of Europe. (online) available at: http://assembly.coe.int/ASP/Doc/XrefViewHTML.asp?FileID=12464&Language=en#P19_123

[9] Brodkom, F (Centre Terre et Pierre, Belgium). 2000. *Good Environmental Practice in the European Extractive Industry: A Reference Guide.* A Study for the Cembureau, Cerame-Unie, EuLA, EuroGgypsum, Euro-Roc, IMA-Europe, UEPG, with the support of the Enterprise Directorate General of the European Commision. (online) available at: http://www.wbcsdcement.org/pdf/tf5/2000-03-Guide-to-Good-Practices.pdf

[10] Murnane, E; Heap, A; Swain, A. 2006. *Control of water pollution from linear construction projects. Technical Guidance. CIRIA C648.* Classic House. London.

[11] Concrete Washout Systems Information Pack. (online) available at: http://www.concretewashout.com/downloads/CWS%20Info%20Packet_CWS_updated_new.pdf

[12] Murnane, E; Heap, A; Swain, A. 2006. *Control of water pollution from linear construction projects. Site Guide. CIRIA C649.* Classic House. London.

[13] Audus, I; Charles, P; Evans, S (editors). 2010. *Environmental Good Practice on Site (third edition). CIRIA C692.* Classic House. London.

[14] http://www.envirowashout.com/products_portable.html

[15] Nomack, M. *Environmental Impacts of Oil Spills.* 2010. EPA. (online) available at: http://www.eoearth.org/view/article/158443/

[16] EPA 080/12. 2012. *Liquid Storage Guidelines – Bunding and spill management.* Environment Protection Agency (EPA). South Australia. (online) available at: http://www.epa.sa.gov.au/xstd_files/Waste/Guideline/guide_bunding.pdf

[17] World Health Organisation (WHO). *Turbidity measurement – The importance of measuring turbidity. Fact Sheet 2.33.* WHO Department of Water, Sanitation and Hygiene. (online) available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_33.pdf

[18] Lenntech Water Treatment solutions. Turbidity. (online) available at: http://www.lenntech.com/turbidity.htm#What%20are%20the%20consequences%20of%20high%20turbidity?

APSORBIRAJUĆE BETONSKE BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE S GUMENIM GRANULAMA

Prof.dr.sc. Stjepan Lakušić[1]
[1]Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za pormetnice, Kačićeva 26, Zagreb

dr.sc. Ivica Kušević
Institut IGH, Rakušina 1, Zagreb

Suzana Hozmec
BETON-LUČKO, Puškarićeva 1b, Zagreb-Lučko

Rezime: *Razvojem prometne infrastrukture, posebice cestovne, te porast broja vozila znatno utječe na povećanje razine buke. Zaštita od prometne buke danas je prioritet u zemljama EU. Uobičajeni načini zaštite od buke uz prometnice je primjena barijera za zaštitu od buke. U radu se prikazuje zaštita od buke primjenom apsorbirajućih betonskih barijera. Apsorbirajući sloj betonskih barijere se uobičajeno izrađuje od laganog betona s ekspandiranom glinom ili s drvenim vlaknima. S ciljem pronalaženja alternativnog materijala za izradu apsorpcijskog sloja betonskih barijera, ali pri tome vodeći računa o održivom razvoju Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu razvio je betonske barijere za zaštitu od buke tipa RUCONBAR (Rubberized Concrete Noise Barriers) čiji je apsorpcijski sloj izveden laganim betonom s dodatkom gumenih granula dobivenih reciklažom otpadnih guma. Barijere RUCONBAR u strukturi svojeg apsorbirajućeg sloja sadrže 40 % gumenog granulata dobivenog recikliranjem otpadnih guma i kao takav predstavlja inovativno i ekološko rješenje u proizvodnji barijera za zaštitu od buke.*

Ključne reči: *zaštita od buke, apsorbirajuće betonske barijere, gospodarenje otpadom, otpadne gume.*

1. UVOD

Sve veći zahtjevi na prometnu infrastrukturu u pogledu većih brzina prometovanja vozila i veće propusne sposobnosti uzrok su povišenih razina buke. Ova činjenica najviše je izražena u stambenim i poslovnim zonama koje se nalaze uz vrlo opterećenje prometnice. S ciljem da se ovaj negativni trend uspori, EU je u lipnju 2002. donijela Direktivu 2002/49/EC o procjeni i načinima upravljanja razinom buke, poglavito u područjima uz prometnice. Tijekom idućeg razdoblja u planiraju znatna ulaganja u prometnu infrastrukturu, a kako je problem buke usko vezan uz promet zaštita od buke predstavlja jedan od glavnih problema u sklopu zaštite okoliša i okolišne održivosti Europe. Većina zemalja uskladila je svoje propise s navedenom direktivom te su na taj način preuzele obvezu da će svi budući projekti u prometnoj infrastrukturi obuhvatiti zaštitu od buke okolnih urbanih područja. Jedna od najčešće primjenjivanih mjera za zaštitu od buke svakako su barijere. Primjenom barijera dovoljne visine i dostatne duljine, odmah nakon postavljanja postiže se učinak smanjenja buke na razinu predviđenu projektom. Visine izvedenih barijera pritom variraju najčešće od 2 do 5 m, dok duljine barijera ovise o veličini područja koje se štiti. Provedba zaštite od buke vrlo je složen poduhvat koji se interdisciplinaran jer se izrađuje u nekoliko nivoa ili faza. Osnova je akustički proračun, pomoću kojeg se dobiva informacija o stanju bučnosti u okolišu te se predlažu odgovarajuće mjere zaštite od buke. Ukoliko je odabrana varijanta sa barijerama za zaštitu od buke tada je vrlo važan građevinski projekt zaštite od buke koji u sebi sadrži proračun mehaničke stabilnosti i otpornosti barijere te sve potrebne dokumenta za izgradnju ovakve konstrukcije koja dolazi uz prometnicu. Naravno, kako je riječ o određenoj prepreci u prostoru vrlo je važno arhitektonsko oblikovanje ovakve barijere čime se postiže kvalitetno uklapanje u okruženje gdje je potrebno provesti mjere zaštite od buke. U urbanim sredinama ovo je vrlo zahtjevna zadaća kako kod donošenja odluke o postavljanju tako i pri određivanju tipa barijere.

2. ZAŠTITA OD BUKE PRIMJENOM BARIJERA

Općenito postoje dva tipa barijera za zaštitu od buke: reflektirajuće i apsorbirajuće. Osnovna razlika između njih je u tome što reflektirajuće odbijaju zvučne valove bez smanjenja njihova intenziteta, a apsorbirajuće "upijaju" dio zvučne energije i reflektiraju zvučni val smanjenog intenziteta. Apsorbirajuće barijere obično se izvode kao neprozirne, dok reflektirajuće mogu biti od neprozirnih ali i prozirnih materijala. Apsorbirajuće barijere sadrže elemente od poroznih materijala koji apsorbiraju buku. Navedeni porozni materijali (slojevi) mogu biti u sklopu tj u unutrašnjosti barijere (kod aluminijskih i drvenih) ili se apsorbirajući slojevi nalaze s vanjske strane (apsorbirajuće betonske barijere). Barijere za zaštitu od buke kao nužan uvjet moraju

[1]Prof.dr.sc. Stjepan Lakušić: stjepan.lakusic@grad.hr

zadovoljiti zahtjeve u pogledu zaštite od buke: adekvatnu zvučnu izolaciju Rw, adekvatnu apsorpciju zvuka ΔLα, otpornost na požar raslinja te dovoljnu otpornost od otpadanja većih krhotina uslijed udara vozila. Za potrebe izgradnje barijera za zaštitu od buke danas na tržištu postoje paneli izrađeni od različitih materijala, a najčešće su u upotrebi: drvo, aluminij, transparentni materijali, prirodni materijali te beton.

Odabir vrste materijala ovisi prije svega o namjeni i geografskom smještaju područja koje se štiti. Drvo se u nekim europskim zemljama vrlo često primjenjuje kao materijal za izradu zidova za zaštitu od buke. Slični su visokim vrtnim ogradama, a svojim se dizajnom u ruralnim područjima dobro uklapaju u okolinu. Ako se primjenjuju u gradovima u neposrednoj blizini stambenih i pješačkih zona trebaju biti prirodnih i svijetlih boja kako se ne bi stvarale zone sjena ili mračne zone koje izazivaju nelagodu. Na takvim se mjestima drveni zidovi kombiniraju sa transparentnim čime se postiže bolja osvijetljenost i vidljivost što je ujedno i glavna prednost transparentnih barijera. Transparentne barijere su izrađene od staklenih panela (lameliranog, očvrslog ili armiranog stakla) ili od plastike (akrilne ili polikarbonatne ploče, pleksiglasa). Ti materijali zbog svoje vizualne neutralnosti imaju malen utjecaj na izgled krajolika te mogu biti korišteni na većini lokacija. Upravo njihova prozirnost glavni je razlog zbog čega se danas gotovo jedino ovaj tip barijera izvodi na građevinama poput mostova i vijadukata. Zbog svoje prozračnosti najbolje se uklapaju u ukupan izgled takvih konstrukcija (slika 1).



Slika 1. *Primjeri izvedenih drvenih i transparentnih barijera*

Iako su barijere od drvenih panela također barijere od prirodnih materijala, pojam barijera od prirodnih materijala podrazumijeva barijere od zemljanih i kamenih materijala koji predstavljaju višak iz iskopa pri izgradnji građevina donjeg ustroja prometnica; uključuju nasipe izvedene od zemljanog ili kamenog materijala te posebno razvijene sustave u kojima se kao armatura primjenjuju mreže ili košare izrađene od pocinčane ili polimerne žice (gabionske strukture, konstrukcije od armirane zemlje, kombinacije gabiona i armirane zemlje), (slika 2). Problem kod ovog tipa barijera je puno ručnog rada što zahtijevo i više vremena za njihovu izgradnju.



Slika 2. *Primjer izvedenih gabionskih barijera kod Šibenika*

Na autocestama se često postavljaju aluminijske barijere koje su uglavnom apsorbirajuće (slika 3), iako postoje i reflektirajući paneli. Vertikalne stranice tih barijera izvedene su od profiliranog, aluminijskog lima debljine 1.3 mm, a unutrašnji prostor ispunjen je mineralnom vunom ili drugim zvukoapsorbirajućim materijalom. Ako su vanjski obložni limovi perforirani, tada je riječ o apsorbirajućim panelima (jednostrano ili dvostrano apsorbirajući). U protivnom riječ je o reflektirajućim panelima. Vanjske stranice mogu se bojati u širokom spektru različitih boja, a kako bi se razbila njihova monotonija, često se izvodi i ozelenjivanje vegetacijom ili kombinacija s transparentnim panelima kao što je vidljivo na slici 3.

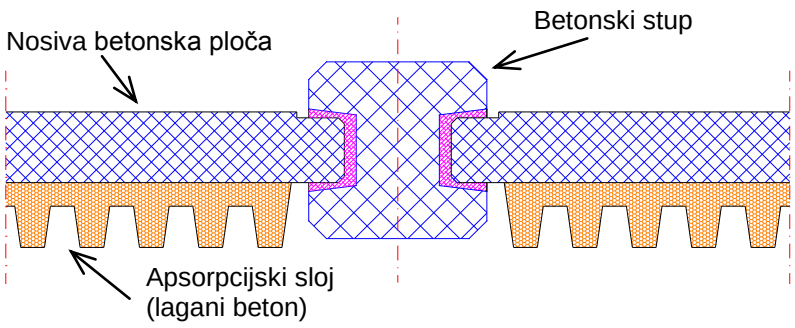


Slika 3. *Primjeri izvedenih aluminijskih barijera u urbanoj sredini (Zagreb)*

S obzirom na to da je beton danas jedan od najrasprostranjenijih konstrukcijskih materijala, u velikoj mjeri se upotrebljava i za izradu zidova za zaštitu od buke (slika 4). Betonske barijere općenito se izvode kao predfabricirane (betonski paneli proizvode se u kontroliranim uvjetima u tvornicama i dopremaju se na mjesto ugradnje), a vrlo rijetko izvode se na gradilištu. Ovisno o potrebnim svojstvima, izvode se u cijelosti od betona ili u kombinaciji s drugim materijalima s ciljem postizanja apsorpcijskih svojstava. U tom slučaju radi se o dvoslojni betonskim panelima koji se sastoje od nosive armiranobetonske ploče i apsorbirajućeg sloja, sa strane izvora buke, izrađenog od poroznog laganog betona (slika 5). Druga varijanta izgradnje je zidanjem apsorbirajućim blokovima u čiji se unutrašnji prostor ugrađuje beton.



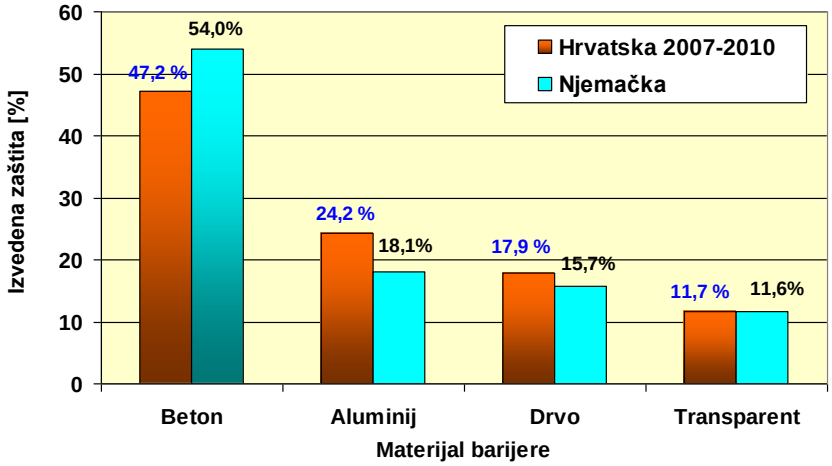
Slika 4. *Primjeri izvedenih betonskih barijera, autocesta Split - Ploče*



Slika 5. *Poprečni presjek apsorbirajuće betonske barijere za zaštitu od buke*

3. PRIMJENA BARIJERA ZA ZAŠTITU OD BUKE U HRVATSKOJ

Proteklih godina uslijed pojačane izgradnje prometne infrastrukture u Hrvatskoj, a sukladno direktivama i propisima koji su prihvaćeni, izgrađene su različite vrsta zidova za zaštitu od buke. Međutim, do 2007. godine u Hrvatskoj su se u najvećoj mjeri gradile drvene, aluminijske i transparentne barijere te manjim dijelom gabionske strukture i armirani nasipi. Suradnjom znanstvene zajednice i industrije tijekom 2006. godine razvijena je tehnologija proizvodnje apsorbirajućih betonskih barijera koje su ubrzo preuzele veći dio tržišta, poglavito zbog svojih performansi, kao i zbog činjenice da se radi o domaćem proizvodu. U razdoblju od 2007. do 2010. na autocestama u Hrvatskoj je izvedeno približno 35 km barijera za zaštitu od buke, odnosno 105.541 m². Najveći udio zaštite od buke odnosio se na apsorbirajuće betonske barijere (47,14%), zatim aluminijske (24,18%), drvene (17,83%) te transparentne (11,72 %). Za usporedbu je zanimljivo navesti podatke vezane za zaštitu od buke na autocestama u Njemačkoj u razdoblju od 2004. do 2007. godine. Također je najveći udio betonskih apsorbirajućih barijera (53.97%), zatim aluminijskih (18.07 %), drvenih (15.70 %) te transparentnih (11.57 %), slika 6.



Slika 6. *Prikaz izvedivosti zaštite od buke prema vrsti materijala za Hrvatsku i Njemačku (2007-2010)*

Betonske apsorbirajuće barijere s pravom su preuzele velik dio tržišta, kako u većini europskih zemalja, tako i u Hrvatskoj. Neke od prednosti ovakvog rješenja podrazumijevaju jednostavnost izvedbe, mogućnost raznolikog arhitektonskog oblikovanja, mogućnost ugradnje uz cestovne i željezničke prometnice u svim vjetrovnim zonama (zbog stabilne konstrukcije otporne na udare vjetra uslijed vremenskih nepogoda i zračnih udara koji nastaju uslijed kretanja vozila većim brzinama) te brzina ugradnje (većina elemenata predgotovljena je u tvornicama betona, a na gradilištu se obavlja samo montaža). Navedene prednosti prepoznate su u Hrvatskoj te je 2007. godine prvi put primijenjena takva vrsta barijera za zaštitu naselja Svibje (industrijska zona na istočnoj strani grada Zagreba), od povišenih razina buke uslijed rada asfaltne baze "Trstenik" (slika 7). Izvedbeni projekt izradio je Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu [1].



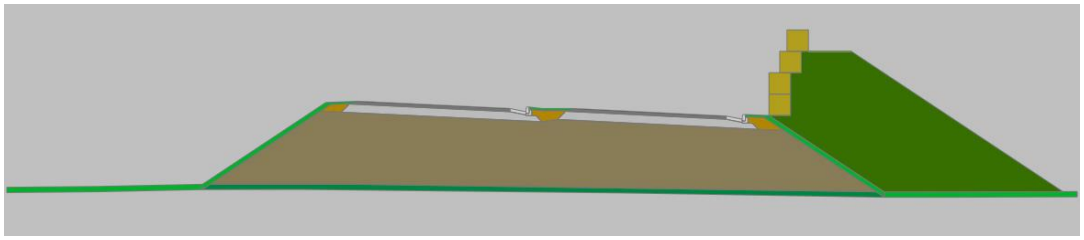
Slika 7. *Prikaz izgradnje betonskog zida za zaštitu od buke*

Ubrzo je uslijedila i primjena apsorbirajuće betonske barijere na prometnici i to na državnoj cesti D-502, dionica od luke Gaženica u Zadru do čvora "Zadar 2" (slika 8). Na toj dionici primijenjen je jednak, trapezoidni oblik apsorpcijskog sloja, dok je temeljenje izvršeno bušenim pilotima zbog jakih udara bure na navedenoj lokaciji, [2].

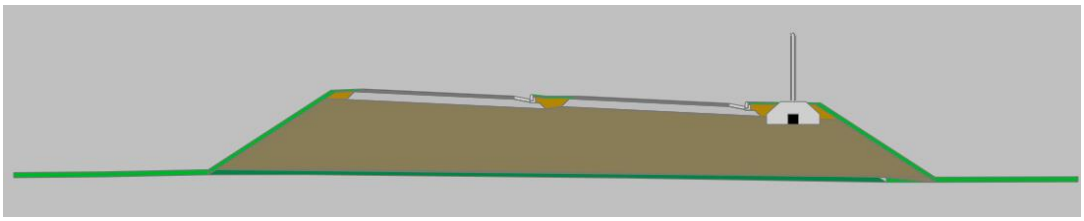


Slika 8. *Betonski apsorbirajući zid na cesti D-502*

Izgradnja betonskih apsorbirajućih barijera nastavljena je 2009. godine na dionici autoceste Zagreb-Split-Dubrovnik, sektor: Šibenik-Ploče, dionice: Šestanovac-Zagvozd i Zagvozd-Ravča. Prema projektu zaštite od buke, na tim dionicama predviđena je izgradnja 4,8 km zaštitnih barijera [3]. Projektom je u najvećem dijelu bilo predviđeno izvođenje gabionsko-nasipnih sustava zidova (visine 1.5 do 5 m), manjim dijelom betonskih zidova u kombinaciji s kamenom oblogom te transparentnih barijera. Kako bi se zaštita od buke izvela jednostavnijim načinom izgradnje barijera, izvođač radova predložio je betonske apsorbirajuće zidove. Time je skraćeno vrijeme izrade zaštite (izgradnja gabionskih zidova vrlo je spora i zahtijeva puno ručnog rada - ispunjavanje žičanih sanduka krupnim kamenim materijalom) te su ostvarene uštede prostora i materijala (manjom potrebnom širinom nasipa) (slike 9. i 10.).



Slika 9. *Poprečni presjek autoceste s gabionskim zidom*



Slika 10. *Poprečni presjek autoceste s betonskim apsorbirajućim zidom*

Kako bi se izvele prihvatljivije i jednostavnije betonske barijere, a s vizualnim dojmom prirodnog kamena, razvijeni su kalupi s posebnim uzorcima pomoću kojih barijera s prednje i stražnje strane poprima izgled složenog kamena, kako je prikazano na slici 4. Betonske apsorbirajuće barijere vrlo su uspješno primijenjene i pri zaštiti od buke grada Rijeka. One su primijenjene u kombinaciji s transparentnim barijerama pri čemu su umjesto armiranobetonskih stupova upotrijebljeni čelični profili.

4. RAZVOJ EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE BETONSKE BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE

Iz prethodno prikazanih podataka (slika 6.) vidljivo je da je beton najčešći materijal u izradi barijera. Apsorbirajući sloj betonskih barijera se u Hrvatskoj najčešće proizvodio uz dodatak ekspandirane gline. No, pri proizvodnji ovog poroznog sloja koji ima svojstvo apsorpcije, potrebno je uzeti u obzir utjecaj proizvodnje gline na promjene ekološkog sustava kao posljedicu bespovratnog trošenja prirodnih resursa, ostavljajući pri tome ogoljen i devastiran okoliš (slika 11). Osim onečišćenja okoliša, Hrvatska nema ni proizvodnju ekspandirane gline, što je svakako veli problem za proizvođače kad se određena komponenta mora uvoziti, [4].



Iskop gline | Termička obrada | Granule od ekspandirane gline | Okoliš nakon iskopa gline

Slika 11. *Proces proizvodnje ekspandirane gline*

Druga vrsta često izvođenih betonskih barijera su barijere od drvobetona. Takve barijere izrađuju se u obliku zidanih apsorbirajućih blokova koji se zapunjavaju betonom na mjestu ugradnje, odnosno kao dvoslojne apsorbirajuće barijere s nosivim slojem od armiranog betona i apsorbirajućim slojem od drvobetona. Nedostatak takvih barijera također je iskorištavanje prirodnog resursa, šume, u svrhu izrade apsorbirajućeg sloja (slika 12), [4].



Sječa šuma | Piljenje | Drvena vlakna | Šuma nakon sječe

Slika 12. *Proces proizvodnje drvenih vlakana*

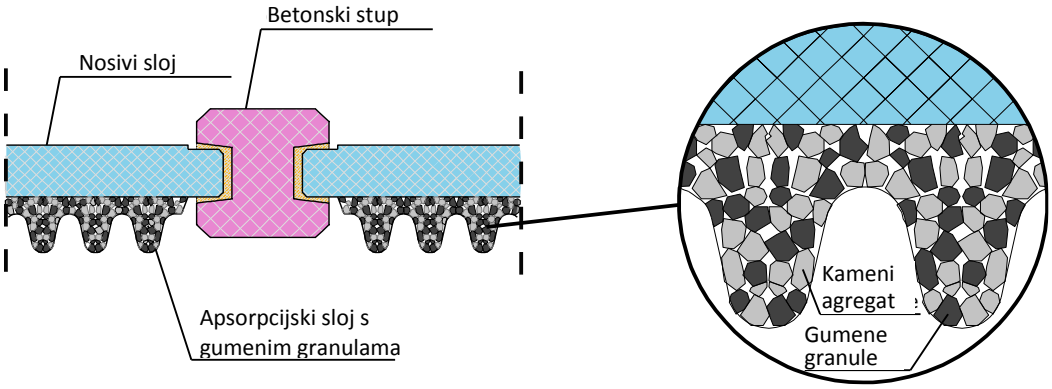
Zbog navedenih nedostataka postojećih rješenja apsorbirajućih betonskih barijera, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu je u periodu od 2009 do 2010 razvio betonske barijere za zaštitu od buke čiji je apsorpcijski sloj izveden laganim betonom s dodatkom gumenih granula dobivenih reciklažom otpadnih guma. Ovaj ekološki inovativni proizvod ne omogućava samo zaštitu od buke već daje doprinos u zbrinjavanju odnosno gospodarenju otpadnim gumama na primjeren, djelotvoran, inovativan i gospodarski učinkovit način – razvojem novog proizvoda, koji je na tržištu poznat pod nazivom RUCONBAR – Rubberized Concrete Noise Barriers. Razmatramo li ovaj tip barijera u sklopu održivog razvoja, tada se taj inovativni proizvod ubraja u područje ekološki prihvatljivih jer se iz otpadnih guma stvara proizvod s novom vrijednošću, a ujedno se doprinosi čistijem okolišu (slika 13), [4].



Otpadne gume u okolišu | Recikliranje otpadnih guma | Gumeni granulat | Čišći okoliš

Slika 13. *Proces proizvodnje gumenih granula*

Ovaj tip barijera u strukturi svojeg apsorbirajućeg sloja sadrži 40 % gumenog granulata (slika 14), dobivenog recikliranjem otpadnih guma i kao takav predstavlja inovativno rješenje u proizvodnji barijera za zaštitu od buke te je za njega provedena prijava patenta pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske (P20100483A) te međunarodna prijava patenta PCT/HR2014/000014) kao i međunarodna prijava žiga (RUCONBAR).



Slika 14. *Poprečni presjek apsorbirajućih barijera s gumenim granulama*

Poticaj za ovaj razvoj bila je svakako činjenica što se u zapadnoj Europi nekontrolirano odlaže samo 5 % otpadnih guma, prema [5, 6], a na području novih članica i zemalja pristupnica nekontrolirano se odlaže 29 % nastalih otpadnih guma (oko 450.000 t ili oko 42,5 milijuna komada). Sukladno Direktivi 1999/31/EC, od 2006. godine svaka je vrsta odlaganja otpadnih guma u okoliš potpuno zabranjena, pa je tom odlukom raspoloživa količina otpadnih guma za recikliranje znatno porasla. Samim time dobivena je sirovina za proizvodnju novog proizvoda za zaštitu od buke koji u svom sastavu koristi produkte dobivene recikliranjem otpada koji je pronađen na prometnici [7]. Postignuta su dva cilja u pogledu zaštite okoliša: a) zaštita od povišenih razina buke primjenom novog proizvoda i b) zaštita okoliša u pogledu efikasnijeg gospodarenja otpada – primjena produkata reciklaže u novom proizvodu [7, 8].

5. ISPITIVANJE APSORBIRAJUĆIH BETONSKIH BARIJERA S GUMENIM GRANULAMA

S obzirom na to da ovaj tip barijera u svojem apsorpcijskom sloju sadrži reciklirani materijal, bilo je potrebno provesti cjelovita ispitivanja njegovih apsorpcijskih i izolacijskih svojstava kao i otpornosti na udar te požar. Navedena ispitivanja u cijelosti je proveo Institut građevinarstva Hrvatske u Laboratoriju građevinske fizike u Zavodu za zgradarstvo.

5.1. Ispitivanje zvučne apsorpcije i izolacije

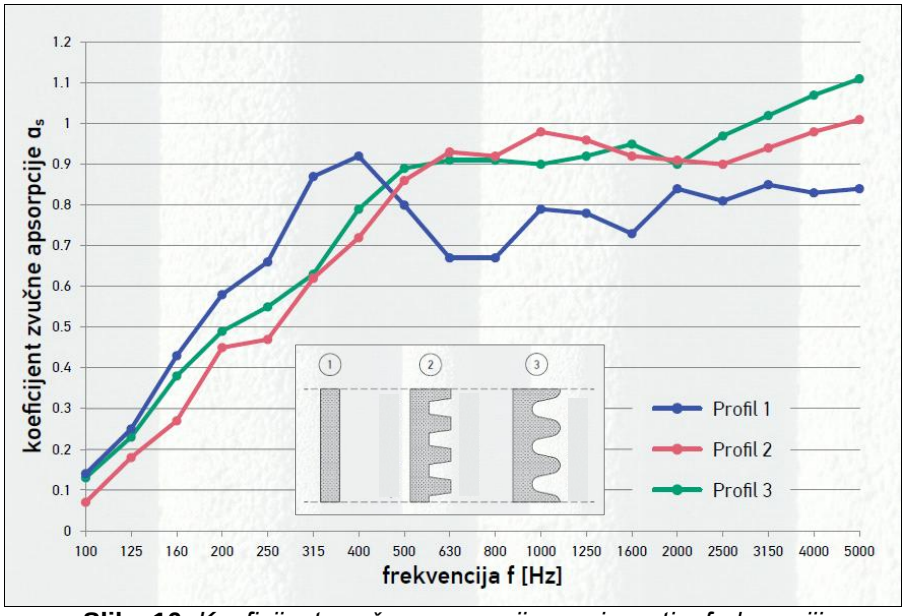
Ispitivanje zvučne apsorpcije provedeno je u ječnoj prostoriji. Ispitivani su uzorci površine 9,24 m^2 (slika 15, lijevo) s time da rubovi uzorka nisu uračunati u površinu jer ne sudjeluju u apsorpciji zvuka. Ispitni uzorak je postavljen izravno na pod ječne prostorije u skladu sa HRN EN ISO 354 i HRN EN 1793-1. Sastavljen je od ukupno 4 betonska zvučno apsorpcijska panela međusobno spojenih sistemom utor – pero, kako se i provodi spajanje kod izvođenja na terenu. Ispitivanjem je određena jednobrojna vrijednost zvučne apsorpcije DLα te klasa apsorpcije. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablici 1 te na slici 16, [9]. Kako je vidljivo, ispitivana su tri oblika površine apsorbirajućeg sloja: ravni, trapezoidni i valoviti.

Tablica 1. Rezultati ispitivanja zvučne apsorpcije ovisno od oblika apsorpcijskog sloja

Profil	Oblik površine apsorpcijskog sloja	Zvučna apsorpcija DLα [dB]	Kategorija zvučne apsorpcije
1	Ravan	6	A2
2	Trapezoidan	8,6	A3
3	Valovit	8,7	A3



Slika 15. *Prikaz ispitivanja apsorpcije te zvučne izolacije*



Slika 16. *Koeficijent zvučne apsorpcije u ovisnosti o frekvenciji*

5.2. Ispitivanje zvučne izolacije

Za potrebe ispitivanja zvučne izolacije u ispitnu prostoriju ugrađena su 4 betonska zvučno apsorpcijska panela, ukupne površine 9,3 m^2 (uračunata i površina stupa). Paneli su međusobno bili povezani sistemom pero - utor, a u sredini su fiksirani betonskim stupom, (slika 15, desno). Spoj između dva panela zabrtvljen je bitumenskom brtvenom trakom dok je spoj između betonskog stupa i panela zapunjen spužvastom brtvom i trajno elastičnim kitom. Ispitivanjem je određena jednobrojna vrijednost zvučne izolacije DLR u iznosu od 47 dB što prema HRN EN 1793-2 spada u B3 kategoriju zvučne izolacije [9].

5.3. Ispitivanje otpornosti na požar raslinja

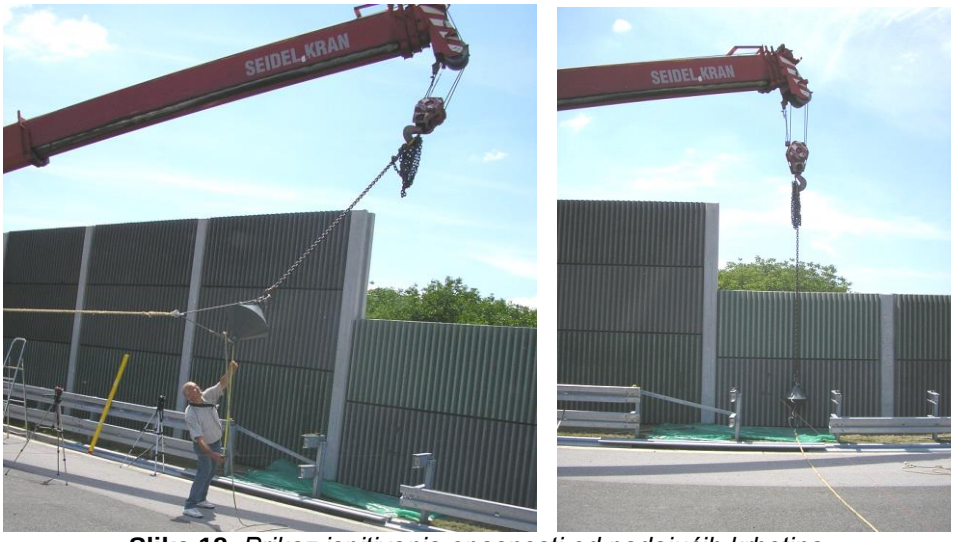
Ovo ispitivanje u cijelosti je provedeno prema normi HRN EN 1794-2. Panel s apsorbirajućim slojem vertikalno je postavljen na betonsku podlogu visine 25 cm. Za potrebe formiranja požara poslužile su dvije žičane košare 300 x 200 mm i visine 300 mm koje su bile ispunjene s prosušenim strugotinama smreke (600 g iverja u svakoj košari). Strugotine su u košarama istovremeno zapaljene i požar je trajao 260 s. Prikaz postupka ispitivanja vidljiv ja na slici 17. Nakon provedenih ispitivanja, apsorbirajući panel s gumenim granulama svrstan je u razred 3 (class 3) prema HRN EN 1794-2, a to znači da nije došlo do nikakvih oštećenja osim promjene boje, [10].



Slika 17. *Prikaz ispitivanja otpornost panela na požar raslinja*

5.4. Ispitivanje opasnosti od padajućih krhotina

Ovo ispitivanje provedeno je s udarnim opterećenjem pomoću posebno oblikovanog čeličnog stošca mase 45 kg i 400 kg, a sve u skladu s normom HRN EN 1794-2. Ispitivanja su provedena na Autocesti Zagreb-Sisak, kod Velike Gorice, slika 18. Rezultati koji su dobiveni nakon provedenih ispitivanja svrstala su ovaj tip barijera za zaštitu od buke u razred 3 - prema HRN EN 1794-2:2011 te razred 5 - prema HRN EN 1794-2:2004, [11]. Na ispitivanim panelima nisu uočene pukotine, a najveći komad koji se odvojio od panela iznosio je 32 g (kod ispitivanja s utegom mase 400 kg) što je puno manje od dopuštenih 100 g.



Slika 18. *Prikaz ispitivanja opasnosti od padajućih krhotina*

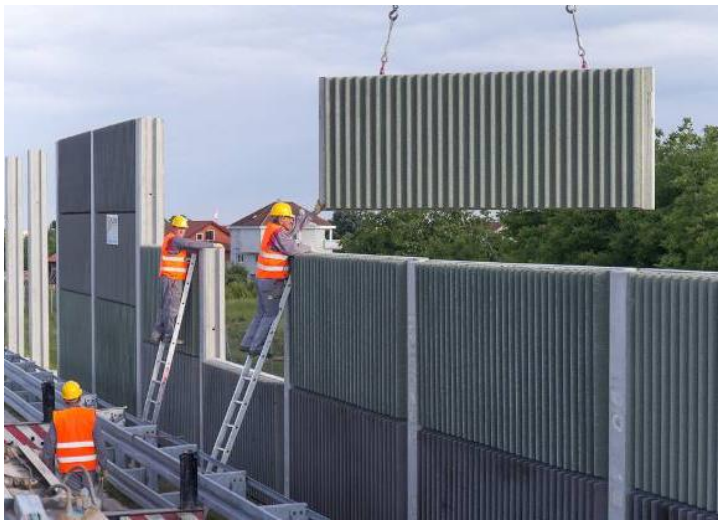
6. PRIMJENA BARIJERA ZA ZAŠTITU OD BUKE TIPA ‘’RUCONBAR’’

S obzirom na to da razvijena barijera zadovoljava zahtjeve vezane uz sniženje razine buke postavljene propisima i normama, svako inovativno rješenje traži i svoju prvu primjenu. To je uvijek najteži dio za svaki proizvod. Kako je Zavod za prometnice Građevinskog fakulteta u Zagrebu izradio velik broj elaborata o zaštiti od buke te velik broj glavnih i izvedbenih projekata o zaštiti od buke, pronalazak prve primjene donekle je bio

olakšan. U tu svrhu odabrana je zaštita od buke naselja Skot, neposredno kod naplatnih kućica za most Krk, a sufinancirat će se sredstvima iz EU projekta RUCONBAR. Kako bi se olakšao odabir vizualnog rješenja spomenute barijere i predočio njen položaj u prostoru, izrađene su prve 3D vizualizacije budućeg rješenja (slika 19.). Za potrebe ispitivanja na terenu već je provedena ugradnja barijera RUCONBAR na autocesti Zagreb-Sisak. Prikaz ugradnje vidljiv je na slici 20, [12].



Slika 19. *Vizualizacija budućeg rješenja zaštite od buke kod naplatnih kućica za otok Krk*



Slika 20. *Ugradnja barijera RUCONBAR na autocesti Zagreb-Sisak (2013)*

7. ZAKLJUČAK

Primjenom apsorbirajućih betonskih barijera s recikliranim gumenim granulama dobiven je ekološki proizvod koji je zanimljiv na dva područja: zaštiti od buke te gospodarenju otpadom. Oba navedena područja danas su prioritet kod zaštite okoliše čime ovakav proizvod sve više dobiva na značenju jer se s ovakvim barijerama ne rješava samo zaštita od buke već se provodi i gospodarenje otpadom istrošenih automobilskih guma na vrlo kvalitetan, efikasan, inovativan i gospodarski učinkovit način – razvojem novog proizvoda. Jednostavnost proizvodnje i montaže, otpornosti na požar, mehaničke stabilnosti i otpornosti barijere te dugi vijek trajanja čine ove barijere vrlo praktičnima za primjenu kako uz nove prometnice tako i uz postojeće. Posebnu primjenu ova vrsta barijera može naći i u urbanim sredinama gdje do izražaja dolazi jednostavnost i brzina izgradnje, ali i vrlo jednostavna mogućnost arhitektonskog oblikovanja. Primjena RUCONBAR barijera za zaštitu od buke vrlo je praktična kako iz estetskih tako i ekonomskih te graditeljskih razloga. Korištenje proizvoda reciklaže otpadnih guma u apsorpcijskom sloju barijere pomaže očuvanju okoliša rješavajući problem odlaganja automobilskih guma, trošenja prirodnih resursa (smanjena upotreba neobnovljivih izvora), a u usporedbi sa sličnim rješenjima smanjuje emisije CO_2 u okoliš i samu cijenu gotove barijere. Ove prednosti uvidjela je i EACI komisija (European Agency for Competitiveness and Innovation) te je projekt RUCONBAR prihvatila za financiranje kroz sustav EU fondova putem natječaja ECO-Innovation 2010 (Grant Agreement no: ECO/10/277317/SI2.595674).

Liteartura

[1] Lakušić, S., Dragčević, V., Bartoš, D. (2007). Projekt zaštite od buke naselja Svibje od rada asfaltne baze Trstenik, Izvedbeni projekt, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

[2] Lakušić S., Bartoš D. (2007). Zaštita od buke na državnoj cesti D-502 na dionici od luke Gaženica u Zadru do čvora Zadar 2", Izvedbeni projekt, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

[3] Lakušić, S., Bartoš, D., Ahac, M. (2008). Zaštita od buke na autocesti Zagreb - Split - Dubrovnik, dionica: Šestanovac-Zagvozd i Zagvozd-Ravča, Glavni projekt, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

[4] Lakušić, S., Bjegović, D., Baričević, A., Haladin, I. (2011). Ekološke betonske barijere za zaštitu od buke, *Projektiranje prometne infrastrukture* (ur. Lakušić, S.), Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za Prometnice, pp. 7-30.

[5] ETRMA - European Tyre & Rubber Manufacturers' Association, End-of-life tyres Management - Edition 2010, http://www.etrma.org/pdf/20101220%20Brochure%20ELT_2010_final%20version.pdf

[6] Waste - State and impacts (Croatia), European Environment Agency, 26. studenoga 2010., http://www.eea.europa.eu/soer/countries/hr/waste-state-and-impacts-croatia

[7] Lakušić, S., Bjegović, D., Serdar, M. (2010). Primjena reciklirane gume na prometnicama, *Prometnice-nove tehnologije i materijali* (ur. Lakušić, S.), Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za Prometnice, pp. 7-46.

[8] Serdar, M., Baričević, A., Lakušić, S., Bjegović, D. (2013). Betonski proizvodi specijalne namjene od reciklata otpadnih guma, Građevinar, Vol. 65, No. 9, pp. 793-801.

[9] Kušević, I., Franolić, Z. (2010). Apsorbirajući betonski paneli - Usporedba ispitivanja zvučne apsorpcije i izolacije, Institut građevinarstva Hrvatske (IGH), Zagreb..

[10] Kušević, I. (2013). Danger of falling debris of of the RUCONBAR barriers, Institut IGH, Test report: 2160/131/12-143/13, Zagreb.

[11] Kušević, I. (2013). Resistance to brushwood fire of the RUCONBAR barriers, Institut IGH, Test report: 2160/131/12-124/13, Zagreb.

[12] Lakušić, S., Bjegović, D., Serdar, M., Baričević, A., Haladin, I. (2014). Ekološko, inovativni i konkurentni hrvatski proizvodi sufinancirani iz EU fondova, *EU fondovi i projekti prometne infrastrukture* (ur. Lakušić, S.), Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pp. 45-68.

BIOREMEDIJACIJA BILjKAMA KAO METOD ZA ČIŠĆENjE ZAGAĐENIH ZEMLjIŠTA I PODZEMNIH VODA U PUTNOM POJASU

Vladan Tasić[1], dipl.inž.hidrogeol.

Rezime: *Mere preduzete na zaštiti zemljišta i podzemnih vode mogu biti mere prevencije i mere sanacije, sa ciljem da se spreči dalje širenje kontaminanata u slučaju da je do akcidenta već došlo, kao i da se preduzmu odgovarajuće remedijacione tehnike. Bioremedijacija biljkama tj. fitoremedijacija je korišćenje prirodne sposobnosti biljke da zadrži, degradira ili otkloni toksične hemikalije i polutante iz zemljišta i vode. U okviru uobičajenog rasta i razvoja, pojedine biljke klasifikovane kao hiperakumulatori, apsorbuju više metala od ostalih biljaka.*

Ključne reči: *kontaminanti, zemljište, podzemne vode, remedijacija, biljke, hiperakumulatori.*

ENGLISH

Vladan Tasić[1],B.Sc.Hydrogeol.Eng.

Abstract: *Precautionary measures to protect soil and water sources can either be preventive to hinder the occurrence of an accident, or for damage control, implemented to keep pollutants from spreading in the event of one. Bioremediation plants videlicet phytoremediation is the use of a plants natural ability to contain, degrade or remove toxic chemicals and pollutants from soil or water. Some plants, classified as hyperaccumulators, absorb more metal than other plants, including metals that do not appear necessary for plant function.*

Key words: *contaminants, soil, groundwater sources, remediation, plants, hyperaccumulators.*

УВОД

Veliki doprinos zagađenju zemljišta i voda teškim metalima daje saobraćaj na putevima, zimsko održavanje puteva, trošenje kolovoza, abrazija kočnica i korozija.

Problematika zagađenja zemljišta i voda, kada su u pitanju putevi i njihova eksploatacija, uglavnom su posledica sledećih procesa:

- zagađenja od atmosferskih voda sa kolovoza,
- taloženja izduvnih gasova,
- odbacivanja organskih i neorganskih otpadaka,
- prosipanja tereta,
- taloženja iz atmosfere čestica raznesenih vetrom,
- razvejavanja usled kretanja vozila.

Činjenica je da zagađenje zemljišta i voda prvenstveno zavisi od:

- sistema odvodnjavanja puta,
- saobraćajnog opterećenja i strukture saobraćajnog toka,
- konfiguracije okolnog terena i njegove pošumljenosti,
- prskanja (raspršivanja) prilikom prolaska vozila, pri čemu je zagađenje ograničeno na uzak pojas uz ivicu puta,
- rasipanja materijala sa kolovoza u toku suvog perioda usled vazdušnih strujanja a zbog prolaska vozila (takođe je skoncentrisano na uzak pojas uz ivicu puta).

Zagađenje zemljišta i vode olovom je problem kome se posvećuje značajna pažnja i prostor prilikom analize uticaja na životnu sredinu. Olovo se kao i drugi teški metali, akumulira u zemljištu, podzemnim vodama, a preko vetra i kiše se može raznositi na veoma velike udaljenosti od mesta emisije.

Ova činjenica se prvenstveno potkrepljuje podacima da olovo iz zemljišta direktno apsorbuju poljoprivredne kulture, a njihovim konzumiranjem se akumulira u organizmima životinja i čoveka. Karakteristika olova je i da se zadržava u organizmu, predstavljajući tako realnu opasnost sa povećanjem koncentracije.

Identifikacija zagađivača i poznavanje njihovih bitnih svojstava kojim oni utiču na degradaciju kvaliteta

[1] *Institut za puteve ad Beograd, v.tasic@highway.rs*

podzemnih voda i zemljišta, predstavljaju prvi uslov za ostvarivanje zaštite u prostoru koji se tretira. Prema svojim fizičkim i hemijskim osobinama, načinu i nivou toksičnosti, kao i načinu transporta kroz ugroženu sredinu, one se mogu podeliti u pet grupa:

- isparljiva organska jedinjenja (hloroform, heksahloretan, metilen hlorid, monohlorbenzen, vinil hlorid, aceton, ugljendisulfid, metanol, vinilacetat i sl.);
- poluisparljiva organska jedinjenja (heksahlorbenzen, pentahlorfenol, fenil naftalen, policiklični aromatični ugljovodonici, pesticidi i sl.);
- goriva (fenol, propan, piridin, izobutan, benzen, antracen, tetrametil benzen);
- neorganske materije (nikl, živa, olovo, kadmijum i dr. metali, radijum, uranijum i dr. radionuklidi, azbest, cijanidi, fluorini i dr.);
- eksplozivi (nitroglicerin, tetril, nitroceluloza, TNT i sl.).

Pored karakteristika zajedničkih za većinu polutanata sa kojima se susrećemo u raznovrsnim tehnološkim procesima, svaka od ovih grupa ima osobine koje je izdvajaju od ostalih i zahtevaju primenu posebnih metoda remedijacije ili ograničavaju korišćenje drugih.

Osnovna usmerenja u zaštiti zemljišta, površinskih i podzemnih voda od zagađenja, treba da imaju preventivni karakter - blagovremeno otkrivanje i sagledavanje mogućih izvora zagađenja i preduzimanja odgovarajućih mera za sprečavanje njihovog štetnog uticaja.

Mere prevencije se mogu sistematizovati u nekoliko osnovnih grupa:

- mere zaštite u fazi građenja objekta;
- tehničke mere zaštite u poprečnom profilu puta (izdignuti ivičnjaci, filteri ugrađeni u ivičnjake, popunjavajući slojevi, hidroizolacioni slojevi);
- mere u fazi eksploatacije objekta;
- posebne mere u slučaju udesa vozila koja transportuju opasne materije.

Veliki problem se javlja kada dođe do zagađenja i njegovog štetnog uticaja. Naime, potpuna eliminacija formiranih zona zagađenosti i ponovno uspostavljanje zadovoljavajućeg kvaliteta zemljišta i voda uopšte, predstavlja veoma težak zadatak.

Iz tih razloga su rađena istraživanja koja imaju za cilj pronalaženje što efikasnijih, bržih i jeftinijih postupaka za lokalizaciju zagađenja u smislu sprečavanja njegovog daljeg širenja, kao i odgovarajućih mera sanacije, odnosno remedijacije (izlečenja, popravke) za date uslove sredine.

REMEDIJACIONE TEHNOLOGIJE HEMIJSKI KONTAMINIRANOG ZEMLjIŠTA I PODZEMNIH VODA

Svi postupci za sanaciju zemljišta i podzemnih voda spadaju u jednu od tri primarne strategije:

- razgradnja ili promena hemijskog sastava zagađujućih materija;
- ekstrakcija ili separacija polutanata iz ugrožene sredine;
- imobilizacija zagađujućih materija.

Promena hemijske strukture polutanata se može izvesti hemijskim, termičkim i biološkim putem. Sve tri grupe metoda obrade moguće je obaviti na licu mesta (in situ) i van ugroženog područja (ex situ).

Predmet ovog rada je bioremedijacija biljkama tj. fitoremedijacija, savremena bioremedijaciona tehnologija za prečišćavanje hemijski kontaminiranog zemljišta i podzemne vode.

Zemljištima koja su kontaminirana teškim metalima se može povratiti funkcija hemijskim, fizičkim i biološkim tehnikama. Međutim, hemijski i fizički tretmani zemljišta uzrokuju ireverzibilne promene istih, uništavajući njihovu biološku raznolikost i na kraju takva zemljišta gube ulogu supstrata za uzgoj biljaka. Osim toga, procesi remedijacije zemljišta mehaničko - fizičko - hemijskim putem su veoma skupi, zavisno od tehnike izvođenja prečišćavanja. Alternativa se može pronaći u primeni fitoremedijacije, čiji su troškovi desetostruko manji. Smatra se bezbednom tehnologijom koja daje krajnje rešenje zagađenja za razliku od skladištenja otpada.

Fitoremedijacija je upotreba određenih biljaka za čišćenje zemljišta, sedimenata i vode zagađenih metalima i/ili organskim kontaminantima, kao što su sirova nafta, rastvarači i poliaromatični ugljovodonici (PAHs). To je naziv koji se koristi za procese koji se prirodno odvijaju u ekosistemima, prilikom protoka neorganskih i organskih sastojaka kroz biljku.

U procesu fitoremedijacije se koristi prirodna sposobnost biljaka da apsorbuju, akumuliraju ili metabolišu kontaminante iz zemljišta ili neke druge podloge na kojoj se razvijaju. Interakcija ovih biljaka i mikroorganizama

koji žive u zemljištu, takođe može dovesti do fitoremedijacije. Biljke stimulišu razvoj mikroorganizama u oblasti korena (poznatoj kao rizosfera) oslobađanjem prirodnih supstanci. Ovi mikroorganizmi, kao što su kvasac, gljivice i bakterije, degradiraju kontaminante putem metaboličkog procesa.

Tokom svog normalnog rasta i razvoja, biljke prirodno apsorbuju i metabolišu izvesne organske supstance i metale. Neki metali kao što su cink, bakar i gvožđe su neophodni za rast biljaka. Pojedine biljke, tzv. hiperakumulatori, apsorbuju veću količinu metala nego što je slučaj sa ostalim biljkama, uključujući metale koji nisu neophodni.

U procesu fitoremedijacije koriste se postojeće sposobnosti biljaka i sistemi koje one potpomažu za pročišćenje zemljišta i vode. Ovaj proces je isplatljiviji od tradicionalnih metoda za remedijaciju kontaminiranog zemljišta koje obuhvataju prekopavanje celokupnog kontaminiranog područja pri čemu se zemlja odnosi na drugu lokaciju gde se podvrgava hemijskom tretmanu, zatim spaljivanju ili ukopavanju. Fitoremedijacija zahteva manju količinu radne snage i ne remeti prirodno okruženje kontaminirane oblasti. Iako zahteva dosta vremena, fitoremedijacija predstavlja dobar način iskorišćavanja postojećih prirodnih izvora.

Postoji pet osnovnih tipova fitoremedijacije klasifikovanih na osnovu tipa materijala koji biljke remediraju, metala ili organskih supstanci.

- **Fitovolatizacija**, biljke upijaju vodu i organske kontaminante putem korena, transportuju ih do listova i oslobađaju kontaminante u obliku redukovane ili detoksificirane pare u atmosferu. Dakle, supstance iz zemljišta ili vode se oslobađaju u vazduh, ponekad kao posledica fitotransformacije u nestabilnije i/ili manje zagađujuće supstance; *Rizofiltracija* - filtracija vode kroz masu korena u cilju otklanjanja toksičnih supstanci ili viška hranljivih materija. Polutanti ostaju apsorbovani ili se adsorbuju do korena.
- **Fitostimulacija (stimulacija mikroorganizmima)**, biljke izlučuju i obezbeđuju enzime i organske materije iz korena koji stimulišu rast mikroorganizama kao što su gljive i bakterije. Mikroorganizmi u korenovoj zoni potom metabolišu organske kontaminante. Pospešivanje mikrobiološke aktivnosti zemljišta u cilju degradacije kontaminanata se uglavnom vrši pomoću organizama koji se vezuju za koren. Ovaj proces je poznat i kao degradacija rizosfere.
- **Fitostabilizacija**, biljke sprečavaju migraciju kontaminanata tako što smanjuju odnošenje zemljišta, površinsku eroziju i tok podzemnih voda. Naime, kada koren drveta dospe do podzemne vode, upije veliku količinu vode, uspostavi kontrolu nad hidrauličkim sastojkom i spreči bočnu migraciju kontaminanta u okviru zone podzemne vode, ograničavajući proceđivanje supstanci iz zemljišta.
- **Fitoakumulacija/ekstrakcija**, korenovi biljaka mogu otkloniti metale s kontaminiranih lokaliteta i transportovati ih do listova i stabljiki za branje i odlaganje. To znači da biljka unosi i pretače supstance iz okoline u biljnu biomasu. Živa biljka apsorbuje kontaminante sve dok ne bude ubrana.

  Preko 400 hiperakumulatornih biljaka je do sada opisano, a članovi su porodica *Asteracea*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Cunouniaceae*, *Fabaceae*, *Flacourtiaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Violaceae* i *Euphorbiaceae*. Posle uzgoja od nekoliko nedelja ili meseci, biljke se beru, a postupak se može nekoliko puta ponavljati sve dok se nivo zagađenosti ne dovede ispod granične vrednosti ili se zemljište potpuno ne obnovi.

  Tabela 1. *Učinak kontaminanata na biljku*

Status	**Koncentracija metala (mg/kg)**			
	Cd	**Cu**	**Pb**	**Zn**
Normalan	0.005 - 2	3 - 30	0.5 - 10	10 - 150
Fitotoksičan	5 - 700	20 - 100	30 - 300	> 100

  Izvor: "Upotreba hiperakumulatora teških metala u remedijaciji zagađenog tla", mr.sc.Tanja Radić Lakoš; prof.dr.sc.Marko Radačić

  Vreme potrebno za remedijaciju zavisi od vrste i količine onečišćenja zemljišta teškim metalima, sezoni uzgoja biljaka kao i od efikasnosti uklanjanja metala. Uobičajeno vreme obnove se kreće od 1 do 20 godina. Fitoekstrakcija uključuje uzastopno uzgajanje biljaka kroz nekoliko vegetacijskih sezona, sve dok se kontaminiranom zemljištu u potpunosti obnovi funkcija.

- **Fitodegradacija biljkama**, organski kontaminanti se apsorbuju u unutrašnjost biljke i metabolišu u netoksične molekule prirodnim hemijskim procesima unutar biljke. *Fitotransformacija* - hemijska modifikacija supstanci iz okoline, koja je direktna posledica metabolizma biljke, a često prouzrukuje inaktivaciju, degradaciju (fitodegradaciju) ili imobilizaciju (fitostabilizaciju).

U toku odvijanja saobraćaja iz različitih subjektivnih i objektivnih razloga može doći do udesa, koji osim na učesnike u saobraćaju mogu izazvati negativne posledice i na životnu sredinu. Ovo se posebno odnosi na teretna vozila koja prenose opasne tečne i čvrste materije koje, usled nekontrolisanog izlivanja, iscurivanja ili isparavanja uzrokovanog udesom, nestručnim rukovanjem ili neispravnostima na vozilu, dovode do zagađenja zemljišta, površinskih i podzemnih voda u neposrednoj okolini predmetnog objekta.

Na primer, kada nafta dospe u zemljište, širi se u druge delove ekosistema isparavanjem u vazduh i ispiranjem u podzemnu vodu. Jedan litar benzina može da kontaminira dva miliona m^3 podzemne vode.

U akcidentnim situacijama (prevrtanje vozila i isticanje opasnih materija van putnog pojasa u okolno zemljište), kada je šteta već učinjena i pored svih preduzetih preventivnih mera, neophodna je lokalizacija zagađenja u smislu sprečavanja njegovog daljeg širenja kao i primena odgovarajućih mera sanacije.

Tabela 2. *Sredine, kontaminanti i tipične biljke za nabrojane tipove fitoremedijacije*

Tipovi kontaminacije	Sredina	Kontaminanti	Tipične biljke
Fitovolatizacija	Zemljište, podzemne vode, deponije, procedna voda	Herbicidi (atrazin, alahlor); Aromatici (BTEX); hlorisani alifatici (TCE); đubriva;otpad municije (TNT, RDX)	Phreatophyte drveće (topola, vrba, pamukovac, jasika); Trave (raž, Bermuda, sorgum, travniška bilica); krmno bilje (detelina, lucerka, stočna repa)
Fitostimulacija	Zemljište, sediment	Organski kontaminanti (pesticidi, aromatični i polinuklearni aromatični hidrokarbonati)	Biljke koje oslobađaju fenolike (dud, jabuka, malkura); trave sa vlaknastim korenom (raž, travniška bilica, Bermuda); vodene biljke za sedimente.
Fitostabilizacija	Zemljište, sediment	Metali (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se, U), hidrofobne organske materije (PAH, PCB, DDT, dieldrin)	Phreatophyte drveće za transpiraciju velikih količina vode (hidrauličku kontrolu); Trave za stabilizaciju erozije zemljišta; Gusti korenovi sistemi su potrebni za apsorpciju/vezivanje kontaminanta
Fitoakumulacija/ekstrakcija	Zemljište, sediment	Metali (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se, U) sa EDTA dodatkom za Pb Selenium	Suncokret; ruska slačica; uljana repica; ječam, hmelj; serpentinske biljke, koprive, maslačci.
Fitodegradacija	Zemljište, podzemne vode, deponije, procedna voda	Herbicidi (atrazin, alahlor); Aromatici (BTEX); hlorisani alifatici (TCE); đubriva; otpad municije (TNT, RDX)	Phreatophyte drveće, topola, vrba, pamukovac, jasika); Trave (raž, Bermuda, sorgum, travniška bilica); krmno bilje (detelina, lucerka, stočna repa).

Izvor: "Upotreba hiperakumulatora teških metala u remedijaciji zagađenog tla", mr.sc.Tanja Radić Lakoš; prof.dr.sc.Marko Radačić

U najtežim slučajevima je neophodno, nakon lokalizacije zagađenja, skinuti gornji, kontaminirani sloj zemljišta i primeniti *ex situ* (van mesta) tehniku remedijacije.

Mnoge od ovih tehnologija se danas primenjuju i obavljaju komercijalno u industrijskim uslovima. Jedna od najčešće primenjivanih tehnologija su biogomile.

Biogomile predstavljaju jednu vrstu *ex situ* remedijacionih tehnika, koja koristi bioremedijacione procese za redukciju organskih zagađujućih materija prisutnih u zemljištu. Proces biodegradacije se odvija kroz simultanu aerobnu mikrobnu aktivnost poboljšanu aeracijom, dodatkom minerala, nutrijenata i vlage.

Konstrukcija biogomile podrazumeva formiranje zagađenog zemljišta u obliku zarubljene kupe (tzv. gomile), kroz zemljište se postavljaju perforirane cevi za aeraciju biogomila. U cilju poboljšanja transporta kiseonika i zadržavanja vode, zemljištu se može dodati neki kompost materijal kao što su: piljevina, seno, kukuruzna kumuša, đubrivo ili druge organske materije. Kompost materijal služi i kao kosupstrat mikroorganizmima tokom razgradnje zagađujućih materija.

Jedna od mera zaštite u Studijama procene uticaja na životnu sredinu jeste da se pri zatravljivanju kosina koriste biljke iz familije *Asteracea*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae* i *Euphorbiaceae*, s obzirom da imaju povećanu sposobnost akumulacije polutanata tipičnih za eksploataciju saobraćajnica, čime se smanjuju koncentracije istih u zemljištu i podzemnoj vodi. Istovremeno, to je i preporuka Zavoda za zaštitu prirode Srbije inplementirana u Rešenju o uslovima zaštite prirode koji se dobijaju od pomenutog Zavoda a na zahtev obrađivača Studije.

Bioremedijacija se uspešno koristi i za čišćenje podzemnih voda zagađenih naftom i njenim derivatima, lako i teškoisparljivim organskim i hlorovanim organskim jedinjenjima, benzenom, toluenom, etilbenzenom i ksilenom (BTEX), pesticidima i herbicidima, policikličnim aromatičnim ugljikovodonicima i drugim vrlo opasnim organskim materijama. Poslednjih godina posebna pažnja se posvećuje *in situ* postupcima radi izbegavanja crpljenja zagađene podzemne vode, veće brzine čišćenja, manje opasnosti za ljude i okolinu kao i niže cene.

Pri tom su funkcije mesta idealnog za primenu bioremedijacije sljedeće:

- homogen i propustan vodonosnik;
- do zagađenja dolazi samo iz jednog izvora;
- mala disperzivnost;
- nema slobodnih produkata;
- ne dolazi do zagađenja tla;
- laka degradacija, imobilizacija ili ekstrakcija zagađujuće supstance.

Strategija koja se primenjuje prilikom *in situ* bioremedijacionih tehnologija je sledeća:

- ne radi se ništa (pasivna bioremedijacija);
- dodaju se kiseonik i /ili hranljive supstance (biostimulacija);
- dodaju se mikroorganizmi (bioaugmentacija) i na posletku,
- koriste se biljke (fitoremedijacija).

Izbor odgovarajućeg postupka ili kombinacija postupaka zavisi od brojnih faktora:

- koncentracije zagađujućih supstanci u vodi;
- količine vode koju treba obraditi;
- stepena čišćenja koji se želi postići;
- dubine i kretanja podzemne vode i zagađujuće supstance; kao i
- geoloških i hidrogeoloških funkcija tla.

Pritom, svaki postupak mora sadržavati program monitoringa, čiji su ciljevi:

- pokazati da se bioremedijacija odvija prema očekivanju;
- da se uoče promene u životnoj sredini (npr. hidrološke, geohemijske, mikrobiološke ili neke druge), koje bi mogle smanjiti delotvornost čišćenja;
- da se identifikuju potencijalno otrovni/mobilni produkti bioremedijacije;
- da se na vreme uoči dolazi li do lateralnog odnosno transverzalnog migriranja zagađivača prema nezagađenim delovima podzemlja;
- da se uoči neprihvatljivo delovanje zagađivača na receptore u nizvodnim delovima;
- da se utvrdi dolazi li do novog ispuštanja zagađujućih supstanci koje mogu uticati na delotvornost čišćenja;
- da se proveri jesu li postignuti ciljevi remedijacije.

Ključni parametri od kojih zavisi delotvornost bioremedijacije su hidraulička provodljivost vodonosnika a koja utiče na raspodelu kiseonika i hranljivih sastojaka, biorazgradljivost organskog jedinjenja od koje zavisi brzina i stepen do kojeg će mikroorganizmi razgraditi materiju kao i lokaciju zagađujuće materije u podzemlju. Uopšteno, hidraulička provodljivost zavisi od sastava vodonosnika.

Tako sitnozrni mediji kao što su glina i mulj, imaju manju vodopropusnost od krupnozrnog medija (pesak ili šljunak), pa će i vreme čišćenja biti znatno duže. Međutim, zavisno od veličine zagađenja, te strukturnim funkcijama zemljišta (npr. mikropukotine u glini), bioremedijacija može biti delotvorna i u manje propusnom vodonosniku.

Biorazgradljivost organskih jedinjenja zavisi od njihovog hemijskog sastava kao i fizičko - hemijskih funkcija. Primera radi, u vodi će se lako topljiva organska jedinjenja malih molekularnih masa brže razgraditi od teško topljivih jedinjenja velikih molekularnih masa.

Brzina bioremedijacije takođe zavisi od lokacije, raspodele i dispozicije organskog zagađenja u podzemlju. Delotvornost čišćenja se može pratiti na više načina. Primera radi, preko smanjenja mase ili koncentracije zagađenja u vremenu, promeni hidrogeoloških ili geohemijskih podataka koji omogućavaju posredni uvid u delotvornost bioremedijacije kao i izučavanjem mikrokosmosa upotrebom novih tehnologija, dobija se direktan uvid u delotvornost čišćenja. U novije vreme sve se više primenjuju matematički modeli kojima se nastoji kvantifikovati sudbina zagađivača ili proceniti brzina biodegradacije. Za to je potrebno prikupiti celi niz vrlo detaljnih podataka o hidrogeološkim odnosima, hidrogeološkim parametrima, fizičko - hemijskim funkcijama konkretnog zagađivača, parametrima disperzije, suvom ostatku itd.

Bioremedijacija je upotreba živih organizama (pre svega mikroorganizama ali i biljaka) za razgradnju u vodi otopljenih ili raspršenih organskih supstanci u manje toksične ili netoksične supstance, a sam se postupak može provoditi *in situ* ili *ex situ*. Pritom u vodi autohtoni ili dodati mikroorganizmi, primera radi gljivice, bakterije, protozoe ili njihovi enzimi, razgrađuju organsku supstancu upotrebljavajući je kao hranu za gradnju vlastitih ćelija ili je kometabolizuju.

Brzina kojom mikroorganizmi razgrađuju organsku materiju zavisi od: sastava vode koja se čisti, temperature, količine rastvorenog kiseonika i hranjivih supstanci, koncentracije vodonikovih jona (ph) i otrovnih supstanci, te dostupnosti zagađivača mikroorganizmima.

Kada u otpadnoj vodi postoji dovoljna količina rastvorenog kiseonika, tj. kada postoje aerobni uslovi, tada mikroorganizmi upotrebljavaju organsku materiju kao hranu za rast i razmnožavanje, a kiseonik se troši za energetske procese. Istovremeno mikroorganizmi razgrađuju vlastite ćelije uz ponovnu potrošnju kiseonika.

Aerobnim procesima nastaju znatne količine živih i mrtvih organskih i anorganskih materija (oko 48 %), te ugljendioksid i voda. Pritom se potrebna količina kiseonika za bioremedijaciju lakše kontroliše ako se postupak sprovodi *ex situ* (na primer, mehaničkim mešanjem ili aeracijom) nego ako se provodi *in situ*.

Do anaerobne razgradnje dolazi kada u vodi nema rastvorenog kiseonika, a proces se odvija u dve faze. U prvoj fazi bakterije kiselog vrenja razgrađuju organsku materiju do organskih kiselina, koje su hrana za metanske bakterije u drugoj fazi razgradnje. Tokom anaerobne razgradnje nastaje uglavnom ugljen dioksid, metan i voda, te mnogo manje novih ćelija nego tokom aerobne razgradnje (oko 5 %).

Anaerobni postupak ređe se koristi za bioremedijaciju vode nego aerobni, budući da je koncentracija rastvorene organske supstance obično nedovoljna za održavanje kolonija anaerobnih bakterija.

Međutim, ako se anaerobna biodegradacija organskih materija ipak praktikuje, u vodu treba dodati neki oblik rastvorljivog organskog ugljenika, kao što je metanol, sirćetna kiselina, natrijumov acetat ili šećer.

Hranljive materije potrebne za rast ćelija su kiseonik, fosfor, sumpor, magnezijum, kalcijum, mangan, gvožđe, cink i bakar. Ako nisu prisutne u dovoljnim količinama, aktivnost mikroorganizama se zaustavlja. U zagađenoj vodi najčešće nedostaje kiseonika i fosfora, koji se dodaju u pogodnom obliku, primera radi, amonijak kao izvor kiseonika i fosfat fosfora. Međutim, ako se bioremedijacija podzemne vode vrši *in situ*, dodati fosfat može reagovati s mineralima koji sadrže gvožđe ili mangan. Reakcijom nastaju stabilni precipitati koji ispunjavaju pore u zemlji i vodonosniku, te smanjuju delotvornost čišćenja.

Bioremedijacija zavisi od temperature kao i svaki biohemijski proces. Povećanjem temperature ona se ubrzava. Međutim, treba biti oprezan, jer sa porastom temperature opada rastvorljivost kiseonika i nekih ugljovodonika, a u krajnjem slučaju može doći i do smrti mikroorganizama. Za većinu bioloških procesa optimalna *ph* vrednost kreće se između 6,5 i 8,5. Povećanjem ili smanjenjem *ph*, smanjuje se razgradnja organskih materija.

PREDNOSTI I NEDOSTACI FITOREMEDIJACIJE

Prilikom korišćenja fitoremedijacije postoje mnogi pozitivni i negativni aspekti koje treba uzeti u obzir. Pozitivni su:

- Ne utiče negativno na životnu sredinu;

- Jeftinija je u poređenju sa drugim metodama (50 - 80 %);
- Vizuelno prijatna;
- Sadnjom biljaka se sprečava erozija tla;
- Laka je za primenu i održavanje;
- Delotvorna je na različitim organskim i neorganskim jedinjenjima;
- Metali koje apsorbuju biljke mogu se ekstrahovati iz ubrane biljne biomase i potom reciklirati;
- Može se koristiti za čišćenje širokog niza kontaminanata;
- Može smanjiti prodor kontaminanata u životnu sredinu sprečavajući njihovo prolaženje u sistem podzemnih voda;
- Smanjuje količinu otpada koji je potrebno deponovati.

Negativni aspekti fitoremedijacije su:

- Zahteva vreme, s obzirom da se oslanja na prirodni ciklus biljaka (može biti potrebno nekoliko godina kako bi se izvršila remedijacija);
- Može zavisiti od organskih uslova;
- Ograničena je na lokalitete sa plitkom kontaminacijom unutar zone korena;
- Požnjevena biomasa iz fitoekstrakcije može biti klasifikovana kao rizičan otpad;
- Glavna bojazan vezana za ovaj način remedijacije jesu njene moguće posledice na lanac ishrane. Naime, koristi se vegetacija koja apsorbuje toksične i teške metale, koje krtice ili voluharice koriste u ishrani, a potom postaju žrtve intoksikacije.

Fitoremedijacija je najdelotvornija onda kada je kontaminacija u domašaju korena biljaka, najčešće između 44, 91 i 183 cm ispod površine zemlje za zeljaste biljke, a između tri i pet metara za drveće.

ZAKLjUČAK

Učešće bioloških metoda na tržištu remedijacionih tehnologija je svega 10 % i pored značajnih prednosti. Naime, ova tehnologija najmanje narušava životnu sredinu (odgovara strategiji održivog razvoja), posebno kada se primenjuje *in situ*, ima najnižu cenu i najveću efikasnost u uklanjanju polutanata.

Dakle, fitoremedijacija je jeftina i ekološki prihvatljiva tehnologija koja se zasniva na upotrebi zelenih biljaka u cilju uklanjanja zagađujućih supstanci iz životne sredine. Sposobnost biljaka da akumuliraju metale se razvila tokom duge evolucije rasta na zemljištima bogatim metalima. Danas se ove biljke mogu koristiti za uklanjanje teških metala iz zemljišta i podzemne vode i njihovo prevođenje u neškodljive oblike.

Nadalje, uzgoj genetski modifikovanih mikroorganizama sposobnih da razgrađuju tačno određene supstance, razvoj odgovarajućih matematičkih modela, novih analitičkih metoda, uređaja kojima se u laboratoriji uzgojeni mikroorganizmi dispergiraju u vodonosnik, novih tehnika pomoću kojih se omogućava lakši transport zagađenja do mikroorganizama, kao i inovativnih metoda unošenja različitih hemikalija kojima se stimulišu biološki procesi, te novija laboratorijska i terenska istraživanja upućuju na mogućnost da se u skoroj budućnosti, bioremedijacija *in situ* primenjuje i za sanaciju tla i voda zagađenih postojanim organskim zagađujućim supstancama (npr. pesticidi, polihlorovani bifenili, policiklični aromatični ugljovodonici kao i eksplozivi, za koje do danas ne postoje odgovarajuća tehnička rešenja).

Literatura

[1] A. Baeza, J. Guillen, S. Hernandez, A. Salas, M. Bernedo, J. L. Manjon, G. Moreno (2005.): "Influence of the nutritional mechanism of fungi (mycorrhize/saprophyte) on the uptake of radionuclides by mucelium". Radiochimica acta, vol. 93, n_o 4, pp. 233-238

[2] Belz, Kelly E. (1994.) "Phytoremediation", "Soil and groundwater pollution", Civil Engineering Dept. Virginia Tech.

[3] S. Rajković, M. Tabaković-Tošić, D. Dražić, M. Veselinović, Lj. Rakonjać, "Biljke čiste zemljište", Institut za šumarstvo, Beograd, Srbija

[4] mr.sc.Tanja Radić Lakoš; prof.dr.sc.Marko Radačić, „Upotreba hiperakumulatora teških metala u remedijaciji zagađenog tla", Veleučilište u Šibeniku, Hrvatska

[5] prof.dr.sc.S.Zrnčević, „Čišćenje (remedijacija) podzemnih voda zagađenih organskim spojevima", Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Hrvatska

IZAZOVI PRILIKOM OCENE PROSEČNE GODIŠNJE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U ATMOSFERU OD DRUMSKIH MOTORNIH VOZILA U R. SRBIJI

Vladimir Momčilović[1], Aleksandar Manojlović[2]
[1] Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, v.momcilovic@sf.bg.ac.rs
[2] Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, a.manojlovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Ocena emisije zagađujućih materija drumskih transportnih vozila korišćenjem softvera COPERT 4, verzija 10 zahteva brojne ulazne podatke visokog kvaliteta. Ocena se zasniva na određivanju prosečnog godišnjeg pređenog puta na nacionalnoj teritoriji po kategorijama vozila i različitim eksploatacionim uslovima, pri poznatim klimatskim uslovima i podacima o količinama utrošenih pogonskih goriva i njihovom sastavu i kvalitetu. Ako se kao merodavni usvoji nacionalni vozni park, izazov je odrediti kompletnost i tačnost nacionalne baze podataka o motornim vozilima, koja ne sadrži sve neophodne podatke od značaja za kvalitetnu ocenu emisije. Budući da su putnički automobili dominantni, jedan od izazova je odrediti prosečan godišnji pređeni put službenih i privatnih vozila, njihov ukupni pređeni put, ali i njihovo učešće u voznom parku po zahtevanim kategorijama. Sledeći izazov je metodologija i realizacija prostorne raspodele emisije zagađujućih materija u atmosferu po deonicama puteva I i II reda, koja će biti prikazana u radu.*

Ključne reči: *ocena emisije, COPERT 4, prostorna raspodela, putevi I i II reda*

1. UVOD

Drumski transport ima značajan uticaj na klimatske promene emisijom zagađujućih materija i gasova sa efektom staklene bašte u atmosferu, kojim se ozbiljno ugrožava održivi razvoj društva i planete uopšte. I pored značajnih tehnoloških unapređenja vozila, posebno u domenu pogonskog sistema i procesa sagorevanja konvencionalnih goriva, naknadne obrade izduvnih gasova, koja su doprinela smanjenju pojedinačnog nivoa emisije svakog vozila sa najnovijim EURO standardom, usled povećanja obima transportnog rada tih vozila (i to kako u putničkom, tako i u robnom transportu) kao rezultat su imali globalno povećanje emisije drumskog transporta. Uprkos smanjenju potrošnje energije i učešća neobnovljivih naftnih derivata, te povećanju energetske efikasnosti vozila, smanjenje negativnih uticaja drumskog transportnog sektora na životnu sredinu još uvek nije dovoljno.
Tokom poslednjih godina, značajno poskupljenje konvencionalnih fosilnih goriva efikasno je uticalo na smanjenje pređenog puta vozila. Time se direktno utiče na svest i ponašanje građana prilikom odlučivanja o izboru „odgovarajućeg" transportnog sredstva (veliko ili malo sopstveno vozilo nasuprot javnom prevozu). Ovo je uticalo i na transportna preduzeća i kompanije sa sopstvenim voznim parkom da otpočnu sa optimizacijom ostvarenog transportnog rada po vozilu, povećanjem popunjenosti vozila, kao i izborom odgovarajućeg vozila po veličini i kapacitetu (nosivosti i zapremini tovarnog prostora i sl.) za svaki pojedinačni transportni zadatak. Sa druge strane, ova mera će uticati na korisnike vozila da smanje broj putovanja, pređeni put po putovanju i ukupan pređeni put, povećaju energetsku efikasnost i adekvatno smanje negativni uticaj na životnu sredinu.
Pređeni put svakog drumskog vozila u voznom parku jedne države, a posebno države u razvoju kao što je Republika Srbija, veoma je bitan pokazatelj njene transportne aktivnosti, pošto drumski transport čini okosnicu transportnog sistema. Ova veličina direktno odražava mobilnost stanovništva i stepen društvenog razvoja. Ostvareni pređeni put je pokazatelj koji se koristi prilikom donošenja strategije razvoja drumskog transporta, ali i primene mera u cilju dostizanja održivog transporta. U tom smislu, prosečan godišnji pređeni put vozila se koristi u analizi energetske efikasnosti i emisije zagađujućih materija voznog parka na nacionalnom i lokalnom nivou. Međutim, izvorni podaci o pređenom putu sa periodičnih tehničkih pregleda (TP), mogu poslužiti samo za određivanje emisije domaćih vozila na nacionalnom ili regionalnom nivou (u okviru pojedinih registracionih područja). Potrebno je opredeliti se da li će se izvršiti ocena kompletne emisije nacionalnog voznog parka nezavisno od teritorije na kojoj je realizovana ili emisije „mešovitih" vozila isključivo na teritoriji R. Srbije (tj. oceniti odnos učešća pređenog puta inostranih vozila na teritoriji R. Srbije i nacionalnih vozila u inostranstvu). Ovaj podatak trenutno nije poznat, a prema iskustvu drugih država nije ga lako oceniti, posebno jer država raspolaže samo podacima vezanim za sopstveni (nacionalni) vozni park. Osim toga, mora da se izvrši i korekcija pređenog puta, odnosno količine ukupno utrošenog goriva, prema količinama prodatog goriva. Ovaj podatak se smatra jednim od najrelevantnijih pokazatelja aerozagađenja poreklom od drumskog transporta.

[1] Autor zadužen za korespodenciju: v.momcilovic@sf.bg.ac.rs

2. OCENA EMISIJE DRUMSKIH MOTORNIH VOZILA

Za ocenu emisije zagađujućih materija koje potiču od drumskog saobraćaja Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije se opredelila za softverski alat COPERT 4, po preporuci Evropske agencije za životnu sredinu (EEA). COPERT 4, verzija 10 predstavlja softverski alat za izračunavanje emisije prema „Konvenciji o dalekosežnom prekograničnom aerozagađenju“ (CLRTAP), a u skladu sa zahtevima koje su postavili Program saradnje za kontrolu i ocenu dalekosežnog prenošenja aerozagađenja u Evropi (EMEP) i Evropska agencija za zaštitu životne sredine (EEA), koja je i finansirala razvoj COPERT-a u okviru aktivnosti Evropskog tematskog centra za vazduh i klimatske promene. Cilj uvođenja ovakvog jedinstvenog alata je bio da podaci svih država potpisnica pomenute konvencije budu kompatibilni i transparentni kako bi mogla da se obezbedi njihova efikasna naknadna provera. Sa ciljem da se izbegnu suštinski različiti pristupi od zemlje do zemlje prilikom određivanja istih pokazatelja emisije, državama je stavljeno na raspolaganje „Uputstvo EMEP/EEA za formiranje katastra emisije aerozagađenja (zagađujućih materija u vazduhu)“ (EEA, 2009), kojim je definisana metodologija sakupljanja podataka i formiranja zahtevanih izveštaja o emisijama zagađujućih materija. COPERT 4 je jedan od dva alata, pored HBEFA (Hausberger, et al., 2009), namenjen za proračun emisija zagađujućih materija koje potiču od drumskog saobraćaja koji je priznat na nivou EU, a jedini u potpunosti i dosledno zasnovan na pomenutom uputstvu, jer su članovi razvojnog tima učestvovali kako na definisanju, razvoju i ažuriranju metoda proračuna i obrazaca, tako i u istraživanju uticajnih faktora, preispitivanju i definisanju novih i poboljšanih pokazatelja. Rezultati modela su adekvatno verifikovani kroz (Kousoulidou, et al., 2010), (Mellios, et al., 2011) i (Smit, et al., 2010). Cilj ovog modela je da se oslika što realnije stvarno stanje emisije drumskih vozila na putu, odnosno u eksploataciji. Sa korišćenjem ovog softverskog alata u Republici Srbiji se otpočelo 2010. godine za proračun emisije drumskog transporta na teritoriji R. Srbije. Tada je bila aktuelna njegova četvrta generacija (ali verzija 6) kojom je za Agenciju za zaštitu životne sredine Republike Srbije, na Institutu Saobraćajnog fakulteta u Beogradu urađena ocena emisije u okviru projekta „Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom COPERT IV modela Evropske agencije za životnu sredinu“ (Papić, et al., 2010).

2.1. Ocena emisije zagađujućih materija na nivou države

Da bi se ocenila (proračunala) emisija na nivou države uz pomoć softvera COPERT 4, potrebno je prikupiti podatke o: a) prodatim i utrošenim količinama pogonskih goriva; b) referentnom voznom parku i njegovim karakteristikama (sa analizom tehnologije kontrole emisije, tehničkog stanja i održavanja vozila); c) klimatskim uslovima na prostoru istraživanja u vremenskom periodu na koji se odnosi istraživanje i ocena emisije (prosečne mesečne temperature, pritisci i vlažnost vazduha za period 2010. - 2012. godine) i d) podeli pređenog puta po saobraćajnicama (gradskim, vangradskim i autoput) tj. saobraćajnim uslovima uz određivanje prosečnih brzina za sve kategorije vozila u datim uslovima. Metoda ocene emisije pomoću softverskog alata COPERT podrazumeva raspoloživost podataka o prodatom / utrošenom gorivu kao korekcionim faktorima. Cilj uključivanja ovih pokazatelja je da se dobiju konzistentne vrednosti pređenog puta, utrošenog goriva i emisije zagađujućih materija u atmosferu. Ukoliko je podatak o prodatom gorivu potpuno pouzdan (po različitim vrstama goriva), što kod nas nije slučaj, tada će svi ostali parametri morati da se uklope sa ovim pokazateljem. Prilikom ocene emisije voznog parka na nacionalnoj teritoriji postoje dve alternative u pogledu određivanja referentnog voznog parka merodavnog za proračun emisije zagađujućih materija u atmosferu izborom: isključivo nacionalnog voznog parka (čije su karakteristike *a priori* poznate) u toku cele godine i na bilo čijoj teritoriji ili „mešovitog“ voznog parka isključivo na nacionalnoj teritoriji (uključujući emisiju inostranih vozila u R. Srbiji, a isključujući emisiju nacionalnih vozila u inostranstvu), što predstavlja emisiju mešovitog drumskog saobraćaja koja se ostvari sagorevanjem (potrošnjom) goriva nabavljenog na nacionalnim stanicama za snabdevanje gorivom. Budući da se gorivo ne prodaje isključivo nacionalnim vozilima, kao ni vozilima koja se isključivo kreću po nacionalnim putevima, deo goriva će biti utrošen i u inostranstvu bilo od strane domaćih ili inostranih vozila. Drugi deo goriva, koji takođe ne može biti izmeren (a ni ocenjen) je gorivo koje je „uvezeno“ iz inostranstva u rezervoarima vozila. Metodologija definisana priručnikom podrazumeva da ukoliko se država nabavke goriva razlikuje od države potrošnje pogonskog goriva (tj. u slučaju pograničnog prometa goriva u rezervoaru vozila) tada emisija predmetnog motornog vozila treba da se obračuna (dodeli) isključivo državi u kojoj je izvršena nabavka (kupovina) goriva. Ovo znači da npr. ukoliko inostrano vozilo tranzitira teritoriju R. Srbije bez točenja goriva njegova kompletna emisija se dodeljuje državi u kojoj je nabavilo gorivo. Osnovni razlog za ovakvu interpretaciju je što će se data količina goriva pojaviti kao korekcioni faktor u obračunu emisije jedino u državi u kojoj je pušteno u promet. Pozitivno je što se na ovaj način **sprečava dvostruko obračunavanje iste emisije**: i u zemlji odakle potiče gorivo i u zemlji gde je ostvaren pređeni put.

2.2. Ocena emisije na putnoj mreži I i II reda

Osnovna razlika sa ocenom emisije na kompletnom voznom parku, je što se na putnoj mreži raspolaže podatkom o prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju (PGDS) na bazi automatskih fiksnih i mobilnih brojača, interpolacije ili ekspertske ocene. Druga bitna razlika je što se ne može primeniti korekcija na bazi utrošenog / prodatog goriva, jer su iz kompletne mreže saobraćajnica izuzete gradske deonice, kao i kompletna lokalna mreža saobraćajnica.
Na osnovu učešća [%] pojedinih klasa vozila (iz COPERT-a) u osnovnim kategorijama vozila, određuje se merodavna struktura svake kategorije vozila po deonicama. Za deonice na mreži puteva I i II reda se određuje jedinična emisija zagađujućih materija po klasi vozila i po autokilometru proračunom u COPERT 4 paketu. Zatim se na osnovu PGDS-a, dužine deonice, prosečne brzine vozila na deonici i jedinične emisije određuje ukupna emisija zagađujućih materija (i to preko 30 zagađivača) za svaku deonicu.
Po godinama razlikuju se: PGDS, struktura voznog parka po klasama vozila i prosečne brzine kretanja vozila, pored klimatskih uslova.
Ovaj pristup oceni emisije omogućava određivanje ukupne emisije zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja po kvadrantima prostorne mreže, što predstavlja jedan od međunarodnih zahteva UNFCCC.

2.3. Izazovi prilikom ocene emisije zagađujućih materija u atmosferu

Prilikom ocene emisije naišlo se na tri osnovna izazova:
- izvršiti klasifikaciju vozila u nacionalnoj bazi motornih i priključnih vozila za 2010, 2011. i 2012. godinu prema kategorijama koje zahteva COPERT 4, te korigovati neadekvatne/netačne podatke i dopuniti nedostajuće parametre (kao npr. EURO standard kontrole emisije),
- odrediti merodavnu strukturu voznog parka (mešovitog nacionalnog i međunarodnog) na putnoj mreži I i II reda i vrednosti emisije zagađujućih materija po kategoriji vozila i pređenom putu,
- odrediti utrošene/prodate količine goriva na teritoriji R. Srbije (korekcioni faktor kod ocene emisije na nivou države), kao i referentni kvalitet goriva, s posebnim osvrtom na sadržaj sumpora i olova.

2.3.1. Izazovi u klasifikaciji voznog parka

Do 2010. godine postojale su odvojene baze vozila za Vojvodinu, Centralnu Srbiju i Kosovo i Metohiju, koje su se obrađivale u MUP R. Srbije, koji je i nadležan za njihovo održavanje i ažuriranje. Od 2011. godine sva vozila su objedinjena u jednu jedinstvenu bazu vozila R. Srbije. Ozbiljan problem u pogledu ažurnosti (a samim tim i tačnosti) baze vozila predstavljaju vozila kojima je istekla važnost registracije, a nisu je obnovila. Ova vozila i dalje predstavljaju deo „regularne“ baze vozila, sve dok se ne odjave, čak i kada se više ne koriste. Ovo se u razvijenim zemljama rešava postojanjem baze registrovanih i neregistrovanih vozila, odnosno tzv. „aktivne“ i „pasivne“ baze vozila. U aktivnoj bazi se nalaze vozila kojima je važeća registracija ili je istekla manje od zakonski predviđenog roka za produženje (najčešće 30 dana). Međutim, u R. Srbiji iako je stvarni pređeni put ovih vozila jednak nuli, ona će ipak „prelaziti“ prosečnu vrednost pređenog puta za datu kategoriju vozila određenu ocenom. Ova pojava je privremeno prevaziđena i neznatno ublažena posle promene registarskih tablica u Srbiji tokom 2010. godine, što je omogućilo da se u bazi vozila za 2011. godinu prepoznaju i „uklone“ neregistrovana i neodjavljena vozila koja se više ne koriste, pošto nemaju nove registarske tablice. Međutim, problem se nastavlja i u 2012. godini, budući da se navike korisnika vozila nisu promenile, a nema adekvatnih „sankcija“: vlasnik vozila ne mora državi da plati nikakvu naknadu ako nije registrovao, niti odjavio vozilo!
Još jedna „loša“ praksa u godišnjim statističkim izveštajima u R. Srbiji je što se broj vozila u voznom parku određuje na osnovu jednog datuma u godini. Konkretno, godišnji statistički izveštaj se zasniva na brojnom stanju tj. veličini voznog parka na dan 31. decembra godine na koju se odnosi izveštaj. Tako da vozila koja su odjavljena u međuvremenu (do 30. decembra) jednostavno neće biti evidentirana u toj godini. Dodatni problem je i vozilo koje je neposredno uvedeno u evidenciju npr. 31. decembra, jer ono praktično nije ni učestvovalo u saobraćaju. Ovo se kod nas smatra zanemarljivom greškom zbog neažurnosti vlasnika vozila da odjave vozilo koje se ne koristi (pa je verovatnoća odjavljivanja vozila mala) i relativno malog broja novih vozila koji se kupuje, registruje i samim tim uvodi u bazu vozila krajem godine (zbog kasnijeg „nepovoljnijeg“ godišta prilikom prodaje polovnog vozila). Zbog toga se emisija zagađujućih materija voznog parka R. Srbije potencijalno uvećava, a ne umanjuje, što prema nadležnima predstavlja „pozitivno“ ponašanje. Međutim, baš to je u suprotnosti sa principom dobre prakse prilikom formiranja nacionalnog katastra emisije da je potrebno izvršiti što realniju ocenu emisije - ni potcenjenu, ni precenjenu!
Nakon obimnog rada na kontroli i ispravljanju propusta u vođenju evidencije (tj. ispravljanju sistematskih i pojedinačnih grešaka, dopunjavanju nedostajućih podataka) odnosno prečišćavanju baze vozila, utvrđeno je da postoje određeni nedostaci i neusaglašenosti u evidenciji drumskih vozila. Nedostaci i greške (propusti) u

podacima se razlikuju u zavisnosti od kategorije vozila. Sledeći opšti nedostaci su uočeni (i većina ih je otklonjena) tokom analize podataka vezanih za sve kategorije vozila:

- ne evidentiraju se podaci o tehnologiji motora i podaci o pređenom putu vozila sa periodičnih TP;
- nedostaju ili su pogrešni podaci o godini proizvodnje (pogrešan unos), vrsti pogonskog goriva ili pogona koji ne postoji u proizvodnji ili eksploataciji u R. Srbiji (npr. električna energija, a nije predviđen recimo hibridni pogon ili KPG), zapremini motora, snazi motora, marki i tipu vozila.

Način uočavanja greške u godinama proizvodnje je mukotrpan proces, a može se otkloniti samo za evidentne slučajeve kada se neka marka i tip vozila nije proizvodila u datom periodu, odnosno godini (bilo da je prestala proizvodnja ili još nije otpočela). Međutim, ukoliko se radi o grešci u okviru ovog intervala nemoguće je otkriti bez uvida u druge podatke (kao što je VIN - identifikacioni broj vozila), koji nisu raspoloživi u dobijenoj bazi vozila (iz razloga zaštite privatnosti podataka o ličnosti).

S obzirom da u dobijenoj bazi vozila takođe ne postoji napomena / beleška o izvršenoj homologaciji usled promene pogona, podatak o pogonskom gorivu nije uvek potpuno pouzdan. Osim toga sa inicijalnih 9 vrsta goriva u 2010. i 2011. godini (8 vrsta goriva i jedna šifra 0 ako vozilo nema sopstveni pogon), broj ponuđenih goriva je porastao čak na 12 u 2012. godini. S obzirom da se baza i dalje eksportuje po nasleđenim (ranijim) pravilima kojima se šifri za gorivo dodeljuje samo jedan karakter, što je automatski prouzrokuje grešku u dobijenim podacima za šifre 10 i 11. Umesto navedenih kombinacija goriva pojaviće se ili 1 - Benzin 98 oktana ili 0 - nema pogonsko gorivo.

Tabela 1. *Šifarnik goriva u bazi vozila R. Srbije (2010. - 2012.)*

Baza vozila 2010. i 2011.		**Baza vozila 2012.**	
1	Benzin 98	1	Benzin 98
2	Benzin 86	2	Benzin 86
3	Bezolovni benzin	3	Bezolovni benzin
4	Dizel	4	Dizel
5	Mešavina	5	Mešavina
6	Benzin-Gas	6	Benzin-Gas
7	Električna energija	7	Električna energija
8	Evro dizel	8	Evro dizel
0	Nema pogonsko gorivo	9	Benzin-gas Metan
		10	TNG
		11	Eurodizel-Gas
		0	Nema pogonsko gorivo

izvor: baza vozila MUP R. Srbije za 2010, 2011. i 2012. godinu

Sa druge strane, tokom ispravki na pogonskom gorivu potrebna je velika obazrivost, jer su prepravke na vozilima česta praksa u R. Srbiji. Primera radi, tokom 1990-ih godina bio je aktuelan trend zamene OTO (benzinskih) motora dizel pogonskim agregatima (naročito kod lakih komercijalnih, dostavnih i taksi vozila) sa ciljem smanjenja potrošnje goriva, pošto je maloprodajna cena dizela bila osetno niža od cene benzina. Suprotni trend je nastupio od početka 2000-ih. U vozila sa OTO motorom je počela ugradnja uređaja i instalacije za pogon na tečni naftni gas (TNG), koji je u tom trenutku bio značajno jeftiniji (čak za 50%) od pomenutih konvencionalnih goriva. Zbog toga je dolazilo čak i do zamene dizel motora odgovarajućim benzinskim pogonskim agregatom i ugradnje svih potrebnih uređaja i instalacija za pogon na TNG (odnosno 6 – Benzin-Gas). Dakle, ovo je još jedan razlog zašto treba pažljivo pristupiti ovom problemu, jer nije uvek nedvosmisleno jasno da li se radi o pogrešnom podatku ili prepravci vozila, a napomena ove vrste nedostaje u bazi vozila.

Tokom analize podataka vezanih za teretna vozila pored ranije pomenutih opštih, uočeni su i sledeći specifični nedostaci i propusti:

- neodgovarajuća klasifikacija teretnih vozila (posebno nedostaje podela po konstrukciji teretnog vozila na tegljače tj. vučna vozila u transportnom sastavu i solo kamione),
- neusaglašenost stvarne i izabrane (dodeljene) kategorije vozila,
- nedostaju ili su pogrešni podaci o masi i nosivosti vozila (tj. često pogrešno tumačenje termina najveća dozvoljena masa, sopstvena masa i nosivost vozila) i broju osovina.

U pogledu autobusa uočeno je da nedostaju ili su pogrešni podaci o masi autobusa, broju mesta za sedenje i broju mesta za stajanje i nameni autobusa (gradski, međugradski, turistički itd.).

Samo u okviru putničkih automobila najznačajnije greške su pronađene i otklonjene u pogledu zapremine motora, zatim pogonskog goriva i kategorije vozila. Ono što više zabrinjava jeste veliki broj nepopunjenih podataka, posebno u pogledu mase (NDM, sopstvene mase vozila i nosivosti).

Usled nedostatka podatka o primenjenoj tehnologiji kontrole emisije (EURO standardu) u bazi vozila, usvojen je princip podele vozila prema godinama proizvodnje.

2.3.2. Izazovi u određivanju emisije na putnoj mreži

Prema (UNECE, 2007) ako se raspolaže podacima o pređenom putu za sva vozila sa periodičnih (i obaveznih) TP, proračun će u principu obuhvatiti kompletan pređeni put nacionalnog voznog parka (u zemlji i u inostranstvu), što obezbeđuje visok nivo tačnosti i pouzdanosti ovog podatka. Međutim, ostaje problem što podaci sa odometra ne nose u sebi geografske odrednice, tako da je nemoguće odrediti konkretan pređeni put na nekoj deonici puta, niti koji deo tog puta je ostvaren u nekom regionu, pa čak ni u konkretnoj državi.
Jedan od izazova je odrediti što približniju strukturu vozila po klasama koje zahteva COPERT 4. Pošto brojači ne registruju motorcikle i mopede, ova klasa vozila nije obuhvaćena ocenom emisije. Jedan od izazova kome treba posvetiti posebnu pažnju je ne postojanje podataka o brzinama pojedinih kategorija vozila, već se proračunava prosečna brzina svih vozila na deonici tokom godine.

2.3.3. Izazovi u određivanju utrošenih količina i referentnog sastava/kvaliteta goriva

U cilju dobijanja pouzdane ocene emisije zagađujućih materija i pređenog puta vozila mora se uzeti u obzir i prodaja / potrošnja goriva. Ovaj podatak se ne koristi u prvoj iteraciji, već u jednom od narednih koraka. Cilj uključivanja ovog pokazatelja je da se dobiju konzistentne vrednosti pređenog puta, utrošenog goriva i emisije zagađujućih materija. U pomenutom slučaju da motorno vozilo izvrši nabavku pogonskog goriva u jednoj državi, a u drugoj ostvari pređeni put (potrošnju, pa i emisiju). Međutim, ovo takođe znači da deo pređenog puta na nacionalnoj teritoriji može biti realizovan uz pomoć „inostranog“ pogonskog goriva, posebno u pograničnom području. Samim tim, ne može se garantovati potpuna preciznost u oceni ovih pokazatelja. Zato je predviđen iterativni proces u kome treba da se dođe do potpunog slaganja podataka o količinama utrošenog goriva (U), količinama prodatog goriva (P), pređenom putu vozila (D) i specifičnoj potrošnji goriva (G_s).
S obzirom da veličine utrošenog goriva (U), koja se dobija preko prosečne specifične potrošnje u [l/100 km] ($G_s = U/D$) i pređenog puta vozila (D), i prodatog goriva (P), nisu jednake potrebno je da se odredi njihovo međusobno odstupanje tj. veličina korekcionog faktora, koji zavisi od prodatog goriva za druge svrhe i u drugim industrijskim granama, što se ne evidentira uvek adekvatno (građevinska, poljoprivredna mehanizacija i dr.) i pograničnog prometa goriva (tzv. „sivi“ uvoz ili izvoz).
Na osnovu broja vozila (N) u merodavnom (nacionalnom) voznom parku i ocenjenog prosečnog pređenog puta po vozilu ($d = D/N$) određuje se pokazatelj ukupnog pređenog puta celog voznog parka (D). Podatak o potrošnji goriva, odnosno količini utrošenog goriva (U) se izračunava na osnovu ukupnog pređenog puta voznog parka (D) i procenjene specifične potrošnje po jedinici pređenog puta (U/D). Paralelno se vrši ocena potrošnje goriva inostranih vozila na nacionalnoj teritoriji (U') i zajedno sa potrošnjom nacionalnog voznog parka (U) upoređuje sa količinama prodatog goriva (P) na nacionalnim stanicama za snabdevanje gorivom.
U slučaju značajnije razlike između ova dva pokazatelja, moraju da se preispitaju usvojene ulazne veličine pređenog puta i prosečne specifične potrošnje goriva dok odstupanje ovih pokazatelja ne bude prihvatljivo ili zanemarljivo. Ukoliko se ne postigne prihvatljivo rešenje korišćenjem ulaznih veličina u realnim / očekivanim okvirima za date okolnosti, vrši se njihova ekspertska ocena.
Napominje se (UNECE, 2007) da se kompletan skup veličina: broj vozila (N), ukupan pređeni put (D) i utrošeno gorivo (U), kao i količnici (D/N) i (U/D), ocenjuju isključivo za nacionalni vozni park. Što se tiče inostranih vozila, potrebno je oceniti samo njihov ukupan pređeni put na nacionalnoj teritoriji (D'), utrošeno (sipano) gorivo u zemlji (U') i prosečnu specifičnu potrošnju goriva ($G'_s=U'/D'$), jer se ovaj inostrani vozni park ne sastoji uvek od istih vozila, niti ima istu strukturu (po kategorijama vozila) te ga zato nije potrebno ocenjivati.
Ono što će definitivno uticati na fluktuacije u promeni potrošnje goriva u vremenu je struktura voznog parka u pogledu učešća raznih kategorija vozila i pogonskih goriva (npr. uticaj rasta broja vozila sa pogonom na dizel). Konzistentnost podataka utrošenog (U) i prodatog goriva (P) se mora analizirati za svaku vrstu goriva. Najčešće je dovoljno odrediti odstupanje benzina i dizela, kao dominantnih konvencionalnih goriva koja koristi većina drumskih motornih vozila, ali su autori obradili i tečni naftni gas (TNG) i komprimovani prirodni gas (KPG) pošto su njihove količine relevantne na nacionalnom nivou. Pre nego što se napravi agregacija na nacionalnom nivou, osnovna stratifikacija se svodi na podelu voznog parka po nacionalnosti i kategoriji vozila.
Pre nego što se izvrši poređenje utrošenog (U) i prodatog goriva (P) mora se razmotriti veličina korekcionog faktora (c):

$$U + U' = P \pm c$$

gde je: U utrošeno gorivo nacionalnih vozila nabavljeno isključivo na stanicama za snabdevanje gorivom (SSG) u R. Srbiji *[t]*,
U' utrošeno gorivo inostranih vozila na SSG u R. Srbiji *[t]*,
P prodato gorivo na stanicama za snabdevanje gorivom u zemlji (javnim i internim) *[t]*,
c korekcioni faktor (razlika između utrošenog i prodatog goriva) koji se sastoji iz sledeća tri segmenta:

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

gde je: c_1 gorivo prodato u pograničnom pojasu (u tzv. malograničnom prometu),

c_2 gorivo utrošeno u ostalim privrednim/industrijskim granama, van drumskog transporta (specijalna i komunalna vozila, građevinska, poljoprivredna mehanizacija i dr.),

c_3 pogranični promet goriva = „sivi“ izvoz goriva (vozila koja izlaze iz zemlje sa gorivom sipanim u zemlji) - „sivi“ uvoz goriva (vozila koja ulaze u državu sa gorivom sipanim u inostranstvu).

Korekcioni faktor c_3 je često i najznačajniji, toliko da je npr. Nemačka, razvila model za ocenu ovog pokazatelja, koji zavisi od cena goriva na domaćim i inostranim SSG u pograničnom području, a u R. Srbiji, kao i u većini evropskih država teži nuli. Na nabavku goriva u inostranstvu se opredeljuju vlasnici vozila ako razlika u ceni opravdava pređeni put do stanice za snabdevanje gorivom (SSG) i plaćanje u stranoj valuti (npr. u EU ovo više nije slučaj). U Nemačkoj su, na primer, usled značajno niže cene konvencionalnih goriva u susednim Poljskoj i Češkoj, dok nisu postale države članice EU, vlasnici vozila često išli u tzv. „gorivni turizam“, odnosno prelazili granicu samo da bi natočili gorivo. Ova pojava se procenjivala na čak 2,4 milijarde litara dizela (čak 10% prodate količine dizela u Nemačkoj) i 2,7 milijardi litara benzina (9% ukupne količine prodatog benzina).
Drugi izazov je sastav konvencionalnih goriva posebno u pogledu količine sumpora (u benzinu i dizelu) i olova (u benzinu). U narednim tabelama prikazan je sadržaj sumpora u naftnim derivatima prema propisanim standardima kvaliteta u Evropskoj uniji iz 1996, 2000, 2005. i 2009. godine (Tabela 2) i u R. Srbiji tokom 2011. i 2012. godini na stanicama za snabdevanje gorivom (Tabela 3).

Tabela 2. *Maksimalni sadržaj sumpora u konvencionalnim gorivima u Evropskoj uniji, [ppm]*

Standard kvaliteta Vrsta goriva	**1996.**	**2000.**	**2005.**	**2009.**
Benzin	165	130	40	40
Dizel	400	300	40	8

izvor: (EEA, 2009)

Tabela 3. *Maksimalni sadržaj sumpora u konvencionalnim gorivima u R. Srbiji, [ppm]*

Gorivo	**Motorni benzin (MB)**	**Bezolovni motorni benzin (BMB)**	**Evro bezolovni motorni benzin (Evro BMB)**	**Eko 350 dizel**	**Eko 50 dizel**	**Evro dizel**
Sadržaj sumpora	1 000	650	10	350	50	10

izvor: podaci proizvođača i distributera naftnih derivata u R. Srbiji, 2011. i 2012. godine

Referentni sadržaj sumpora u R. Srbiji u oceni emisije pomoću softvera COPERT 4 odgovara procentualnom učešću date vrste goriva u njegovoj ukupno prodatoj količini. Tako, na primer, tokom 2011. godine učešće motornog (olovnog) benzina u količini prodatog benzina iznosi svega 0,367%. Od ukupne količine prodatog bezolovnog benzina (99,633%) ekspertski je ocenjeno da je učešće bezolovnog benzina 90%, a evro bezolovnog benzina 10%, jer ne postoji obaveza (potpuno je individualan izbor), a pri tome je drugi skuplji. Tako je, u skladu sa podacima o maksimalno sadržaju sumpora u gorivima (Tabela 3) usvojen karakterističan prosečni sadržaj sumpora u benzinu od 719,1 ppm za 2010, 587,5 ppm za 2011. i 394,0 ppm za 2012. godinu, a u dizelu od 146 ppm 2010, preko 115,5 ppm u 2011. godini i konačnih 30,32 ppm tokom 2012. godine.

Tabela 4. *Učešće goriva na tržištu [%] i usvojeni prosečan sadržaj sumpora u gorivima za kompletan vozni park u R. Srbiji, [ppm]*

Sadržaj sumpora	**MB**	**BMB**	**Evro BMB**	**Sadržaj sumpora u benzinu**	**D2**	**Evro dizel**	**Sadržaj sumpora u dizelu**
2010	26,472%	69,852%	3,676%	719,12	40%	60%	146,00
2011	0,367%	89,670%	9,963%	587,52	31%	69%	115,51
2012	0,001%	59,999%	40,000%	394,01	6%	94%	30,32

izvori: (RZS, 2011), (RZS, 2012), (RZS, 2013)

Sa druge strane, u ukupnoj količini dizel goriva prodatog tokom 2011. godine učešće Evro dizela iznosi 68,97%, a klasičnog dizela (D2) 31,03%. Budući da sadržaj sumpora u Evro dizelu iznosi 10 *ppm*, a u dizelu (D2) čak 350 *ppm* (Tabela 3) kao relevantan u ovoj „kombinaciji“ dizela usvojen je sadržaj sumpora od 116 *ppm* za 2011. godinu.

Tabela 5. *Maksimalni sadržaj olova u benzinu na stanicama za snabdevanje gorivom u R. Srbiji, [mg/l]*

Benzin	**MB**	**BMB**	**Evro BMB**
Sadržaj olova (Pb)	400	13	5

izvor: podaci proizvođača i distributera naftnih derivata u R. Srbiji, 2011. i 2012. godine

Učešće motornog (olovnog) benzina u količini prodatog benzina u 2010. godini iznosi gotovo 26,5%, da bi u 2011. godini iznosilo svega 0,367%, a u 2012. godini sa 0,001% postalo zanemarljivo. Od preostale količine

ekspertski je ocenjeno učešće u prodaji klasičnog bezolovnog benzina od 90%, a evro bezolovnog benzina od 10%. Tako, u skladu sa sadržajem olova po vrstama benzina (Tabela 5) i ocenjenom učešću pojedinačnih vrsta benzina na tržištu (Tabela 6), usvojen je karakterističan sadržaj olova u benzinu od 115,15 mg/l u 2010. godini, zatim 13,62 mg/l u 2011. i konačno 9,80 mg/l u 2012. godini.

Tabela 6. *Učešće na tržištu pojedinih vrsta benzina [%] i usvojeni prosečan sadržaj olova u benzinu za kompletan vozni park R. Srbije, [mg/l]*

Godina	MB	BMB	Evro BMB	Usvojeni sadržaj olova u benzinu
2010.	26,472%	69,852%	3,676%	115,15
2011.	0,367%	89,670%	9,963%	13,62
2012.	0,001%	59,999%	40,000%	9,80

izvori: (RZS, 2011), (RZS, 2012), (RZS, 2013)

3. ISTRAŽIVANJE I OCENA PREĐENOG PUTA DRUMSKIH VOZILA NA NIVOU DRŽAVE

3.1. Metodologija ocene merodavnog pređenog puta po kategorijama vozila

Ocena pređenog puta drumskih motornih vozila se zasniva na realizaciji više komplementarnih istraživanja. Osnovni predmet ovih istraživanja može biti:

- **vozilo:** neposrednim evidentiranjem podatka o pređenom putu sa odometra, tj. uvidom u stanje kilometraže,
- **korisnik vozila / vozač:** anketom,
- **intenzitet saobraćajnog toka:** brojanjem saobraćaja, automatskim brojačima, interpolacijom ili ekspertskom ocenom i
- **potrošnja goriva:** prosečna specifična potrošnja po vozilu u sprezi sa količinama prodatog i utrošenog goriva po vrstama.

Kao jedan od dopunskih izvora podataka često se javlja potreba i za istraživanjem „međunarodnog“ saobraćaja (na graničnim prelazima) odnosno pređenog puta koji ostvare domaća vozila u inostranstvu ili inostrana vozila na nacionalnoj teritoriji jedne države, kako bi se dobili podaci o značaju ovog sektora. Ovim istraživanjem treba izdvojiti izvorno-ciljni od tranzitnog saobraćaja, a anketom se kvantifikuju referentne vrednosti pređenog puta inostranih vozila na nacionalnoj teritoriji i korišćene saobraćajnice (radi lokalizacije i raspodele emisije po mreži puteva / saobraćajnica). Osnovni cilj ovih istraživanja je da se utvrdi pređeni put pojedinačnog vozila. Podatak o trasi kojom se kreće vozilo (od izvora do cilja / odredišta) može da posluži kod modeliranja ponašanja korisnika, ali i kao faktor koji omogućava kalibraciju ulaznih podataka u model za ocenu emisije COPERT 4. Ukoliko se radi o teretnim vozilima, dobro bi bilo raspolagati i podatkom o iskorišćenju nosivosti vozila, odnosno masi tereta i/ili masi vozila (eventualno merenjem osovinskog opterećenja), što bi moglo značajno da olakša istraživanje uticaja popunjenosti vozila na potrošnju goriva i emisiju zagađujućih materija, ali i kao faktora degradacije kolovoza. Osim toga, masa vozila je koristan podatak i za druge kategorije vozila, paralelno sa evidentiranjem popunjenosti vozila (npr. brojem putnika u putničkim i količinom tereta u teretnim) kako bi se dobili relevantni podaci i mogao oceniti uticaj najveće dozvoljene mase (NDM) vozila na potrošnju goriva i emisiju zagađujućih materija.

U osnovi, postoje dva načina za proračun pređenog puta na osnovu podatka o stanju na odometru:

- ako postoje najmanje dva uzastopna stanja na odometru napravi se razlika između poslednjeg i prethodnog stanja i podeli sa brojem dana – tako se dobije dnevni pređeni put (kilometraža), koji se zatim svede na merodavni period (godinu),
- ako postoji jedno stanje sa poznatim datumom, podeli se stanje na odometru sa brojem dana od puštanja u saobraćaj vozila (prve registracije, odnosno „starosti“ vozila).

Dobijeni pređeni put se odnosi samo na ona vozila koja imaju obavezu periodičnog TP, tako da evidencija stanja na odometru (UNECE, 2007) obuhvata pređeni put domaćih vozila i u inostranstvu i van puteva I i II reda (odnosno na lokalnim putevima, pa čak i van javnih puteva), a ne obuhvata pređeni put inostranih vozila u zemlji i domaćih vozila koja nemaju obavezu vršenja periodičnog TP.

Međutim, ako podaci sa odometra nisu dostupni za sva vozila u voznom parku (kao što je slučaj u R. Srbiji), pređeni put može da se oceni i na bazi uzorka iz baze registrovanih vozila. Tada je potrebno izvršiti izbor reprezentativnog uzorka i ponderisanje faktora. Najbolji način izbora reprezentativnog uzorka je stratifikacija na bazi konstrukciono-tehničko-eksploatacionih (KTE) karakteristika vozila, npr. vrsti vozila, godini prve registracije, kategoriji vozila, masi i vrsti goriva. Za svaki stratum se proračuna prosečan godišnji pređeni put koji se kasnije množi sa brojem vozila u tom stratumu. Potrebno je odvojeno razmatrati namene korišćenja putničkih vozila (službena i privatna), usled značajnih razlika u intenzitetu eksploatacije, odnosno prosečnom pređenom putu za isti vremenski period. I u sprovedenim istraživanjima (anketama) se pokazalo da službeni

putnički automobili ostvaruju znatno veći pređeni put od individualnih vozila, koja se koriste isključivo za lične potrebe.

3.2. Istraživanje pređenog puta drumskih motornih vozila

Tokom istraživanja, kao jedan od izlaznih rezultata dobijen je i prosečan godišnji pređeni put putničkih i lakih komercijalnih vozila. Na osnovu podataka iz ankete vozila su prvo podeljena po kategorijama (putnički automobil, lako komercijalno vozilo…), zatim na klase (po pogonskom gorivu i zapremini motora) i konačno na tehnologije (po Euro standardu), a onda i po nameni korišćenja, odnosno da li se (i koliko) koriste u privatne ili službene svrhe. Posle analize svake pojedinačne klase (prema principima usvojenim prilikom klasifikacije voznog parka) dobijene su ocene pređenog puta za svaku klasu vozila. Za klase čiji uzorak u istraživanju nije bio reprezentativan (u pogledu obima ili značajnih odstupanja), vrednost je u prvom koraku ostavljena kao nula, a zatim u drugom koraku ponderisana ekspertskom ocenom prema preporukama (Ntziachristos, et al., 2008). Pošto metodologija zahteva da se za svaku klasu vozila usvoji samo po jedna vrednost pređenog puta, a u cilju što preciznijeg ponderisanja usvojen je princip da se pređeni put „službenih“ vozila pomnoži sa ponderom učešća vozila registrovanih na pravno lice u datoj klasi vozila (npr. putnički automobil sa pogonom na benzin, zapremine motora između 1,4 i 2,0 litara, EURO 2) u okviru baze vozila, dok će ponder za privatna biti preostala vrednost do 1 (tj. do 100%).
Ako je npr. *i*-ta klasa putničkih automobila definisana pripadnošću jednoj kategoriji (putnički automobil), određenoj klasi u zavisnosti od pogona (benzin, dizel, TNG, E85, KPG i hibrid) i zapremine motora, kao i jednoj tehnologiji kontrole emisije (konvencionalna, EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5…), tada je:

$$D^i_{kombinovano} = D^i_{službeno} \times f^i_{službeno} + D^i_{privatno} \times \left(1 - f^i_{službeno}\right)$$

gde je: $D^i_{kombinovano}$ kombinovani pređeni put i-te klase putničkih automobila (PA) *[km]*,
$D^i_{službeno}$ ocenjeni pređeni put službenih vozila i-te klase PA na bazi istraživanja *[km]*,
$D^i_{privatno}$ ocenjeni pređeni put privatnih vozila i-te klase PA na bazi istraživanja *[km]*,
$f^i_{službeno}$ faktor učešća službenih vozila (gde je vlasnik vozila pravno lice) u ukupnom broju vozila i-te klase PA u evidenciji registrovanih vozila u R. Srbiji *[%]*.

Inače, iako ovo nije idealan pristup kod određivanja faktora $f^i_{službeno}$, jer će tzv. „službenim“ vozilima biti obuhvaćena i putnička vozila fizičkih lica koja su kupljena na lizing (gde se lizing kuće – pravna lica vode kao „vlasnici“ vozila, a fizička lica kao „korisnici“), trenutno predstavlja najbolji raspoloživi postupak ocene ovog faktora, odnosno drugo najbolje rešenje. U toku istraživanja na TP u pojedinim klasama nije obuhvaćeno nijedno službeno vozilo, a npr. vozila na KPG uopšte nisu obuhvaćena istraživanjem, tako da je morao ekspertski da se oceni njihov pređeni put.

3.3. Izazovi prilikom ocene merodavnog pređenog puta drumskih motornih vozila

Ocena pređenog puta (kilometraže) drumskih vozila se zasniva na četiri različita segmenta u pogledu uzorka voznog parka i prostorne raspodele kretanja na:
- pređeni put nacionalnog voznog parka na nacionalnoj teritoriji,
- pređeni put nacionalnog voznog parka u inostranstvu i
- pređeni put inostranih vozila na nacionalnoj teritoriji.

Ocena pređenog puta nacionalnog voznog parka jedne države (prve dve crtice) trebalo bi da bude jednostavan zadatak, imajući u vidu periodične TP (posebno kod nas, gde je periodičnost godišnja). Međutim, potencijalno može da dođe do dvostrukog računanja emisije istog vozila u međunarodnim okvirima, i to u dva segmenta:
- pređeni put nacionalnih vozila u inostranstvu, tj. druga crtica, može biti obračunat u okviru treće crtice države na čijoj teritoriji je realizovan pređeni put, ali i
- pređeni put inostranih vozila na nacionalnoj teritoriji, odnosno treća crtica, može biti obračunat u okviru druge crtice države registracije datog vozila.

Kako se ne bi duplirali podaci i na taj način dobile nerealno (i nepotrebno) veće vrednosti emisije, odnosno da se ne bi zanemarili podaci iz neke od grupa i tako dobile znatno manje vrednosti emisije od realnih mora da se usvoji jedinstveni pristup rešavanju ovog izazova.
S obzirom na to što je osnovni izvor informacija o motornim vozilima koja čine nacionalni vozni park periodični TP, trebalo bi da je u najvećoj mogućoj meri izvesna tačnost i sveobuhvatnost podataka o pređenom putu kompletnog nacionalnog voznog parka. Sveobuhvatnost se obezbeđuje obavezom svih vozila da „prođu“ periodični TP, što se smatra ispunjenim u R. Srbiji. Tačnost ovog podatka je često sumnjiva zbog načina evidentiranja ovog podatka i nedostatka posledica ako se pogreši. Nepouzdanost na prvom mestu potiče od neadekvatnog načina evidentiranja podatka tj. jer se vrednost pređenog puta ne prepisuje uvek direktno sa odometra u vozilu, već ponekad administrativni radnik usmeno pita vlasnika o pređenom putu bez direktnog uvida u tačnost ovog podatka, a kroz sprovođenje istraživanja (ankete) uverili smo se u ovakvu praksu.

Međutim, ukoliko se ovaj nedostatak u budućnosti otkloni i dobiju se potpuno tačni podaci o pređenom putu svakog vozila, ipak postoji još nekoliko nepoznanica: nepostojanje prostorno-vremenske raspodele pređenog puta po mreži saobraćajnica (nedostatak geografske odrednice), i, posebno u pogledu komercijalnih vozila, nepostojanje podatka o popunjenosti vozila (kod teretnih vozila procentualnom učešću vožnji pod teretom i praznih vožnji, odnosno prosečno iskorišćenje nosivosti, a kod autobusa prosečnom broju putnika po vožnji). Geografska raspodela je neophodna kako bi se saznalo koji je procenat pređenog puta ostvaren na kojim kategorijama puteva (gradski, vangradski ili autoputevi), ali i na kojoj teritoriji (da li se radi o nacionalnoj teritoriji ili inostranstvu).
Pored toga značajna je i prosečna dužina jednog putovanja, koja ima veliki uticaj na procenat učešća tzv. „hladnog starta“[2] (Favez, et al., 2009). Vremenska raspodela je posebno značajna u pogledu godišnjih doba, odnosno sezonskih varijacija (npr. zimi je značajno učešće „hladnog starta“), a na gradskoj mreži je značajna raspodela na dane u nedelji (radni dan, vikend i praznik) ili na periode tokom dana (vršni i vanvršni period), jer se jedino tako može oceniti da li su i koliko vozila učestvovala u saobraćajnim zagušenjima, što će se aproksimirati u samom modelu i softveru preko prosečne brzine vozila na pojedinim kategorijama saobraćajnica.
Pored ovoga uočeni su i sledeći problemi prilikom očitavanja pređenog puta sa odometra: (UNECE, 2007)

- greške i zaokruživanja u čitanju pređenog puta sa odometra i evidentiranju, što može dovesti do negativne ili nerealno velike razlike između dve uzastopne vrednosti pređenog puta;
- odometri sa 5 cifara se vraćaju na 0 posle 99 999 km (uglavnom kod starijih komercijalnih vozila);
- nelegalno podešavanje kilometraže bilo povećanjem (prilikom uvoza polovnog radi smanjenja preostale vrednosti vozila) ili smanjenjem (prilikom prodaje) ukupno pređenog puta;
- promena u nameni korišćenja vozila između dva očitavanja tj. uzastopnih periodičnih TP (npr. taksi postane individualno vozilo ili obratno).

Prilikom ankete može doći do sledećih problema:

- pogrešan izbor ispitanika / reprezentativnost uzorka (ispitanik nije relevantan, npr. ređe koristi vozilo od drugih članova domaćinstva ili ne raspolaže informacijama kako se koristilo vozilo u datom periodu);
- nepouzdanost memorije ispitanika (tj. problemi sa nepreciznim pamćenjem ili zaboravljanjem podataka);
- zaokruživanje podataka i
- izostavljanje odgovora (žurba) ili snižavanje ocene (namerno ili slučajno potcenjivanje).

4. ZAKLJUČAK

Prilikom određivanja emisije voznog parka na putnoj mreži I i II reda potrebno je posvetiti pažnju velikom broju izazova, kao što su: određivanje merodavne strukture voznog parka na deonici, prosečne brzine vozila na deonici po kategorijama vozila i jedinične emisije po autokilometru u funkciji prosečne brzine saobraćajnog toka.
Ocena emisije na državnom nivou predstavlja poseban izazov jer postavlja pred eksperte težak izbor da li zasnovati ocenu isključivo na nacionalnom voznom parku i kompletnom prosečnom godišnjem pređenom putu ili na „mešovitom“ voznom parku (domaćih i inostranih vozila) i pređenom putu isključivo na teritoriji R. Srbije. Strukturu mešovitog voznog parka je *a priori* veoma teško precizno odrediti i mora se pribeći nekoj vrsti aproksimacije: na bazi nacionalne strukture voznog parka, strukture zemlje porekla vozila ili na bazi sveobuhvatnih istraživanja.
U radu je predstavljena metodologija određivanja emisije zagađujućih materija po deonicama i date su smernice za unapređenje te metodologije, koje bi omogućile da se postigne veća preciznost u proračunu.

Zahvale

Istraživanje koje je prikazano u ovom radu sprovedeno je u okviru aktivnosti na projektu TR 36010 „Razvoj modela upravljanja tehničkim stanjem drumskih vozila sa ciljem povećanja energetske efikasnosti i smanjenja emisije izduvnih gasova“ u okviru Programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, kao i u okviru „Studije o proceni emisija zagađujućih materija u atmosferu od saobraćaja na državnim putevima I i II reda“ koja se realizuje za JP „Putevi“ Srbije.

Literatura

[1] EEA, 2009. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009 - Technical guidance to prepare national emission inventories,* Copenhagen: Office for Official Publications of the European Communities.

[2] Rad motora na temperaturi ispod radne temperature kada je značajno veća emisija štetnih gasova

[2] Favez, J.-Y., Weilenmann, M. & Stilli, J., 2009. Cold start extra emissions as a function of engine stop time: Evolution over the last 10 years. *Atmospheric Environment,* February, 43(5), pp. 996-1007.
[3] Hausberger, S., Rexeis, M., Zallinger, M. & Luz, R., 2009. *Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3,* s.l.: s.n.
[4] IPCC, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Hayama(Kanagawa): Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
[5] Kousoulidou, M. et al., 2010. *Validation of the COPERT road emission inventory model with real-use data.* San Antonio, Texas, U.S. Environmental Protection Agency.
[6] Mellios, G. et al., 2011. *Parameterisation of fuel consumption and CO2 emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes,* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
[7] Papić, V. i drugi, 2010. *Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom Copert IV modela Evropske agencije za životnu sredinu,* Beograd: Institut Saobraćajnog fakulteta.
[8] RZS, 2011. *Energetski bilansi, 2010.,* Beograd: Republički zavod za statistiku.
[9] RZS, 2012. *Energetski bilansi, 2011.,* Beograd: Republički zavod za statistiku.
[10] RZS, 2013. *Energetski bilansi, 2012.,* Beograd: Republički zavod za statistiku.
[11] Smit, R., Ntziachristos, L. & Boulter, P., 2010. Validation of road vehicle and traffic emission models – A review and meta-analysis. *Atmospheric Environment,* Vol. 44(25), pp. pp. 2943-2953.
[12] UNECE, 2007. *Handbook on Statistics on Road Traffic - Methodology and Experience,* Geneva, Switzerland: s.n.

THE SUCCESSFUL USE OF ASPHALT RUBBER IN SLOVENIA AND ITALY

Zvonko Cotič[1], Mitja Čotar[1], Ines Antunes[2]

[1]Structum d.o.o.
Tovarniška cesta 26
5270 Ajdovščina, Slovenia
zvonko.cotic@structum.si
mitja.cotar@structum.si

[2]Asphalt Rubber Italia Srl
Via Giusti 67
51017 Pescia, Italy
ines.antunes@asphaltrubberitalia.it

Abstract: Today great efforts shall be done to plan effective techniques and frameworks for waste disposal and above all waste recycling, in order to keep down or even reduce, where it is possible, environmental pollution due to the storage of unproductive resources. The development of such these green technologies brings to the possibility of computing, case by case, the reduction in CO2 emissions together with the increasing safe of money and of raw materials. Regarding the shortening of weaving factor for road pavement laying, for example, a possible solution is to employ recovery materials which are directly related to the road final use, such as tires, with the aim to enclose as much as possible the whole productive cycle and at the same time to enlarge environmental benefits. Asphalt rubber technology arises from all this concepts; moreover, it has shown to provide very good mechanical performances even at very low temperatures, which is suitable for a continental climate, with a longer duration and less maintenance required. In addition, its specific mix design has been studied both to reduce noise emissions and to optimize acoustical absorption. In this paper, after a brief summary of the state of AR technology all over the world, results of a quantitative analysis of environmental benefits arising from the use tire recycling in road pavements are shown also in terms of energy balance and CO2 safe.

Keywords: Asphalt Rubber, Wet process, reduction CO2 emmissions, reduce noise emmisions

[1] zvonko.cotic@structum.si

1. Introduction

In general the main requirements for a road overlay are safety, shorter construction time, durability and lower construction and maintenance costs. Only in recent years the cost benefit ratio has been estimated by introducing some new parameters, such as the lower CO2 emissions, the raw material saving and noise reduction. These latter features help to define and quantify the benefits of the so called “green technologies”, for which the economic balance is enlarged to environmental sustainability.

Asphalt Rubber (AR) technology is already well established and considered to give environmental benefits connected to the potential of utilizing significant amounts of end-of-life tires, therefore providing a valid contribution to close the end of life tire (ELT) recovery chain [1]. The experiences obtained with the use of AR hot mixes in several countries showed the excellent structural and functional behavior of this type of material [2]. In general, improvements can be observed in the fatigue life of wearing courses, reduction of maintenance costs, increase of skid resistance, decrease of reflective cracking in overlays, and reduction of noise levels.

2. What is asphalt rubber

In all modern urban agglomerates scrap tyres are acknowledged as one of the hardest waste products to manage, considering that “they are not difficult individually, but collectively” [1]. In industrial societies they are generated at an annual rate of one scrap tyre per person per year. This fact together with the lack of adequate disposal methods and management systems has lead to wide spread and cumbersome dumping grounds. Just to mention Italy, every year 350.000 tons of scrap tyres are produced per year (against 2,5 million tons all over Europe), to be disposed in agreement to the fact that since the 2006 European Community has forbidden the accumulation in landfills of used tyres [2], and according to the Italian directive D. Lgs. 152/06.



Fig. 1 – Discarded tyres in a poorly managed landfill

These difficulties may be partially overcome by encouraging the use of recycled materials from tire rubber. In this sense scrap rubber rehabilitation in road surface layer hot-mixes represents a good possibility in combination with other disposal methods.
The American Society of Testing and Materials (ASTM) defines asphalt rubber (AR) as a “blend of asphalt cement, reclaimed tyre rubber and certain additives, in which the rubber component is at least 15% by weight of the total blend”: it is a mixture of hot asphalt and tyre crumbs which has been extensively used in American highways since 1970’s, particularly in the states of Arizona, California and Texas, before being exported all over the world [3]. Its origins are traced back to the 1960’s,[1] when a pilot project in Phoenix was developed in the search for new maintenance methods of road affected by cracking or rutting. After that, given the good results with AR as a chip seal coat material, the Arizona Department of Transportation (ADOT) begun to use a hot-mix asphalt with AR binder, in order to test mechanical properties, both adopting Open Graded and Gap Graded mixes, depending on aggregate gradation. All these projects were built with the expressed purpose of controlling reflective cracks with a very thin layer of elastic material, even in case of high thermal excursions [4]. Up to now, it may considered that asphalt rubber pavements will be on the order of half or less than the thickness of the common types of flexible pavements (HMA) [5].

3. Formulation of Asphalt Rubber binder

Experience has shown that by properly combining the waste product of ground tire rubber (Crumb Rubber Modifier - CRM) with asphalt at high temperatures the resultant Asphalt Rubber binder will have many improved superior engineering properties. Such improved engineering properties include reduced fatigue and reflection cracking, greater resistance to rutting, improved aging and oxidation resistance and better chip retention due to thicker binder films. Also Asphalt Rubber pavements have demonstrated to have lower maintenance costs, lower noise generation, higher skid resistance and better night-time visibility due to contrast in the pavement and stripping.

Asphalt Rubber binders have specific and unique characteristics. Several studies have underlined that the enhanced performance depends on the higher percentage of asphalt rubber within the hot mix and on the percentage of crumb rubber used in the asphalt rubber binder prepared by the wet process.

Conventional binder tests have shown how the CRM modified binders are extremely dependent on the processing conditions, particularly to what concerns the temperature and time of reaction. The time required to disperse, blend and react the crumb rubber is dependent on a number of factors including the chemistry of the asphalt cement and crumb rubber as well as the temperature of the blended material. The same tests put in evidence as the content of CRM is determinant in binder's consistency and elastic behavior [6].

The main effort to manage the production of AR in Italy consisted in adapting the consolidated AR technology knowledge from abroad to the Italian reality (raw materials, weather, environment, specifications, etc), starting by mixing several bitumen-base (virgin asphalt) with several type and size of crumb rubber, before finding the "optimal" blend to be tested in an industrial scale.

In laboratory, several virgin asphalt (penetration classes: 40/50, 50/70 and 70/100) and high percentages of crumb rubber (higher than 15%) were blended into a homogeneous asphalt-rubber system at a temperature of 190°C, which then reacted at 180°C for a minimum of 45 minutes. Then, the blend characteristics were compared with the specification required by ASTM D-6114 which defines Asphalt Rubber binder (Table 1).

Table 1. *Requirements for Asphalt Rubber binder design (ASTM D 6114)*

Tests	Requirements	
Viscosity Brookfield 175ºC: cP (ASTM D2196)	Min. 1500	Max 5000
Penetration 25ºC: 1/10 mm (ASTM D5)	Min. 25	Max 75
Resilience 25ºC: % (ASTM D 5329)	Min. 20	
Softening Point, Ring&Ball: ºC (ASTM D36)	Min. 54.5	

These limits along with the results attained for each percentage of crumb rubber blended into the bitumen allow the determination of the "optimal" content of crumb rubber, which is usually the percentage that improves the softening point temperature, resiliency and ductility.

The results show that increasing the CRM percentage corresponds to increasing the softening point, resilience and viscosity values as depicted in Figures 2 and 3.

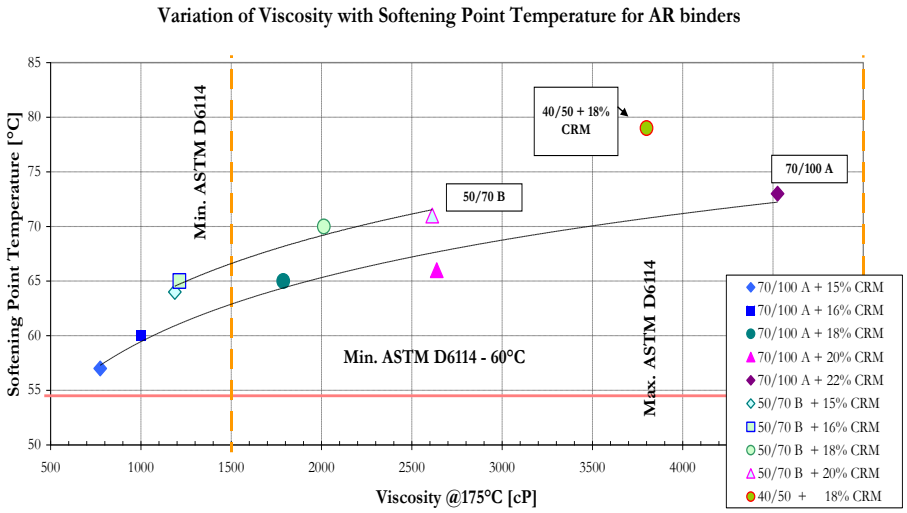


Figure 2. *Variation of viscosity with the softening point for Asphalt Rubber with different percentage of CRM*

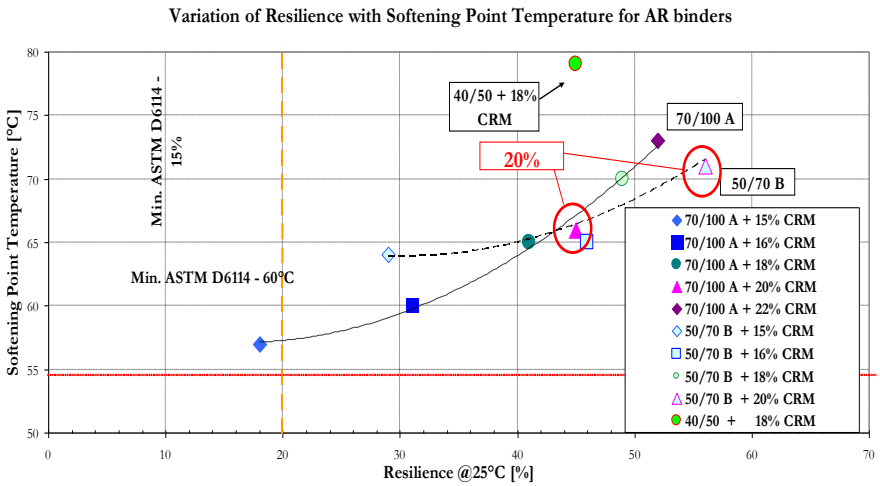


Figure 3. *Variation of resilience with softening point for Asphalt Rubber with different percentage of CRM*

It can be seen that some asphalts are more compatible with CRM than others and thus binder design pre-testing is necessary to determine that the proper asphalt grade is being used to formulate the asphalt rubber.

Taking in consideration the results above and the Italian weather and ambient contest, three blends are now commonly produced at the AR industrial producing plant: 40/50 with 18% CRM, 50/70 with 20% CRM and 70/100 with 20% CRM, depending on the use.

4. Asphalt Rubber in Italy

In the wake of the excellent feedback and increasing performance knowledge about this innovative and sustainable technology, the company Asphalt Rubber Italia Srl decided to introduce in 2006, first in Italy, the technology of modified binders with rubber from recycled old tires, called wet method [4] (Figure 4). Before this, several experiences were carried on with the dry method, some with good results, but the national (and European) panorama required a controlled technology that could ensure a given performance (higher) constant in time.



Figure 4. *Crumb rubber from ground tires used to produce Asphalt Rubber binder*

Following the Arizona Department of Transportation (ADOT) specification, in Italy, the AR producer began experimenting with two asphalt rubber mixes: an open graded mixture (ARFC) and a gap graded mixture (ARAC) [4]. To fully utilize AR properties, two aggregate gradations, that would provide a high voids in the mineral aggregate (VMA), have been adopted as shown in Table 2. The main effort to manage the production of AR in Italy consisted in adapting the consolidated AR technology knowledge from abroad to the Italian reality (raw materials, weather, environment, specifications, etc), starting by mixing several bitumen-base (virgin asphalt) with several type and size of crumb rubber, before finding the “optimal” blend to be tested in an industrial scale [4].

Table 2. *Italian ARFC (Open Graded) and ARAC (Gap Graded) Gradations*

AR MIX	Open Graded ARFC		Gap Graded ARAC	
Sieves (mm)	Min	Max	Min	Max
16	100	100	100	100
12.5	93	100	83	97
10	88	100	68	82
8	68	82	54	68
4	23	37	25	37
2	3	15	12	24
0.5	2	10	7	15
0.063	0	3	0	3
AR Binder	8.5%	9.5%	7.5%	8.5%

AR binder is used in the top layer and in the binder layer of the AR road rehabilitation.

AR modified bitumen was described according to data provided by the company. Bitumen 50/70 is mixed with 20% w/w of crumb rubber powder in the AR plant, with a diesel consumption of 18L per ton of modified binder. The equipment was born to be a mobile equipment but, actually in Italy there's a different system of producing AR (Figure 5).



Figure 5. *AR Italian plant [9]*

One of the difficulties with using this material in Italy was the poor storage stability, so that the AR binder had to be produced near or at the hot mix plant, using mobile equipment for the production of AR. In the case of a small amount of material, which often happens in this phase of diffusion of this technology, this compounds significantly high costs. Thus, Asphalt Rubber Italia developed a delivery system using rubber modified bitumen tanks equipped with heating and stirring with diathermic oil (as in Figure 6). This system is particularly useful in the Italian reality of market in which there are today more than 650 companies that produce and sell asphalt hot mixes.



Figure 6. *AR binder mobile tank for transportation and deliver in all country* [9]

5. Asphalt Rubber in Slovenia

Based on very good experience in Italy, the companies Asphalt Rubber Italia and Structum d.o.o. from Slovenia started to implement this technology also to the Slovenian market. First several test fields were made on local and municipal roads. After verifying the characteristic and performance of produced rubberized asphalt the Motorway Company in the Republic of Slovenia (DARS d.d.) decided to constructed the test field of rubberized asphalt in heavy traffic motorway.
In June 2013 bituminous mixture PA 11og RmB of rubberized bitumen Rubbit® - Asphalt Ruber 20 incorporated by wet process was constructed in the motorway Ljubljana – Koper, section Divaca – Kozina test field.

6. Performance benefits

Regarding mechanical properties, pavement performance has been routinely monitored by ADOT's management system since 1972. Over that time a general trend of maintenance cost and skid resistance have been observed. Figure 7 shows a comparison of the average percent cracking for conventional projects and AR projects [6]. Figure8 reports the average maintenance costs versus time, pointing out that the threshold cost of $400 per lane kilometre per year must be considered high and worthy of attention [7].
Moreover, when dealing with effects related to the presence of infrastructures inside cities, a special care should be taken to the Heat Island effect, which consists in higher night temperatures with respect to those registered in country sites. Arizona State University is conducting research to determine whether an asphalt rubber hot mix can help to release the day-time accumulation of heat, with positive results [8] [9].

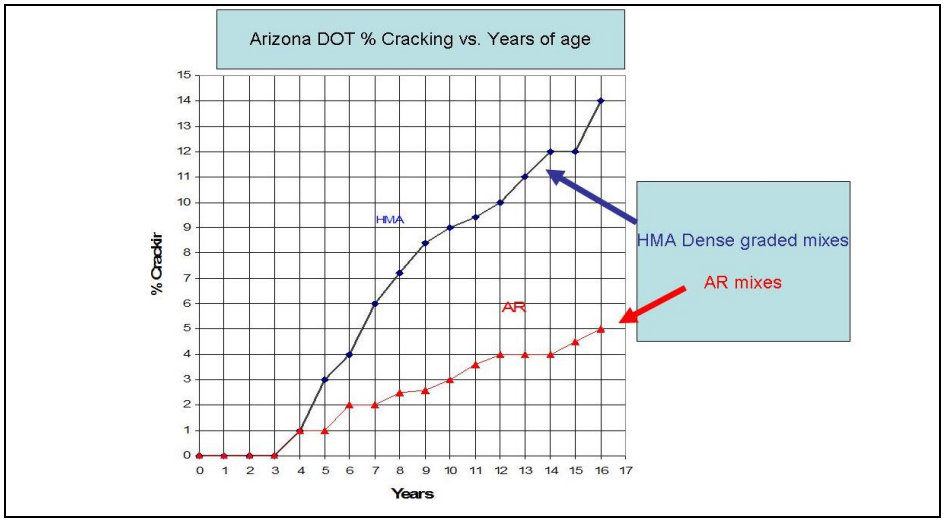


Fig. 7– Statewide cracking performance with and without AR

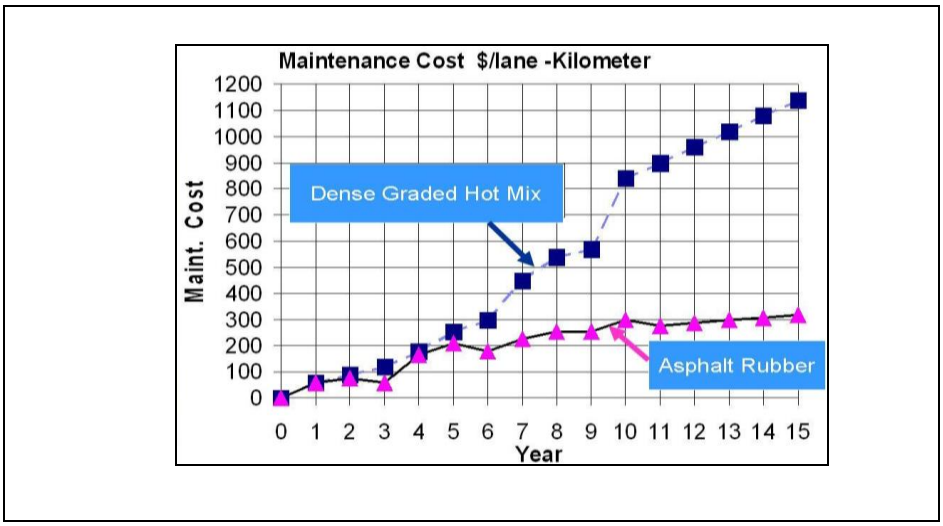


Fig. 8– Statewide maintenance cost with and without AR.

7. Environmental benefits

In the following the oil cost per barrel (166 litres) is assumed $80; this means, considering the oil low end of heat value of 40 MJ/kg (11.1 kWh/kg) and a density of 0.8 kg/m^3, that the exergetic cost is about $15/GJ ($ 0.054/KWh), in the hypothesis of exploiting the whole chemical energy stored in molecular bonds and assuming no charges in cost due to oil transportation. In order to illustrate the environmental benefits, the energy and CO2 emission savings due to use of AR hot mixes must be quantified during the whole road construction process, which consists in [10] [11]:

a) Hot mixes production (tyre shredding, granulation, crumb rubber transportation, blending in hot mixes), assuming a 3 cm thick layer and a plant with a 580 kW gas burner
b) Hot mixes transportation. Energy savings for this phase are essentially due to the reduction in thickness of the surface layer;
c) Cold milling, considering the total consumption of the fuel of a typical cold milling machine in function of the surface thickness;
d) Disposal of resulting materials, assuming a 10 km average distance from construction site and landfill;
e) Natural bitumen is taken from a refinery 100 Km maximum far from the hot mix plant and aggregates from an average distance of 20 Km;
f) New pavement laying, taking into account the power of every machine used.

Energy cost will be referred to the mass unit (kg); the density of typical AR hot mixes will be considered about 2300 kg/m^3, with rubber in 1.7% by weight (40 kg/m^3), bitumen in 6.8% (160 kg/m^3), aggregates in the remaining 91.5% (2100 kg/m^3). Energy balances per m^3 of surface layer have been estimated by adding real power costs tested in an existing plant; crumb rubber material (CRM) production and transportation have been added in the computation, considering a complete use of 10% of the recycled tyres. In the following table the energy consumptions and savings in kWh/m^3 are reported, with the related CO_2 emissions, with the usually adopted 0.58 kgCO_2 per kWh correspondence.

		Energy consumption [kWh/m^3]	CO_2 emissions [kgCO_2/m^3]	Energy saving [kWh/m^3]	CO_2 emission saving [kgCO_2/m^3]
CRM production and transportation	Tire shredding	10.1	5.6	-10.1	-5.6
	Shred Transportation	189.5	109.9	-189.5	-109.9
	Granulation	389.5	225.9	-389.5	-225.9
	CRM transportation	189.5	109.9	-189.5	-109.9
	Steel recovery	206.4	119.7	-206.4	-119.7
AR Hot mixes production		6.2	3.6	7.4	4.3
Aggregate saved		---	---	5683.8	3296.6
Asphalt saved		---	---	3152.7	1828.5
Hot mixes transportation		13.1	7.6	15.7	9.1
Hot mixes laying		2.9	1.7	3.0	1.7
Milling		17.7	10.3	1.9	1.1
Transport for disposal		-1.5	0.9	0.8	0.5
TOTAL		***1026.2***	***595.2***	***7880.4***	***4570.7***

Table 1 – Energy and CO_2 productions and savings per m^3 of AR hot mix layer

Moreover, two other important features have to be added in the computation of energy savings:

1. Since the skid resistance increases of about 25%, the incidence of accidents per kilometre reduces of about 20%; as a consequence, a more detailed estimation could be carried out by computing energy related to reduction in breakdown services and crashed car removals [12];
2. Assuming a life cycle grater than 20%, all energy savings estimated must be increased of the same factor.

Energy savings should then be compared to the efficiency of other disposal methods, such as shredding for use as Alternate Daily Cover in landfills or shredding for use as a Tyre Derived Fuel (TDF). To accomplish this task, it must be reminded that the tyre combustion heat is about 34900 kJ/Kg, that implies a energy productivity of about 3790 kWh/m^3 of AR hot mix, thus lower than re-use in road pavements.

8. Noise reduction

In recent years, the EU interest is directed to move toward a “recycling society”, to mitigate the urban noise and to reduce road deaths and injuries caused by car accidents. Because of the local initiatives and/or driven by EU funding opportunities, the Italian projects that study, develop and utilize the rubberized asphalts as a “sustainable resource” have recently multiplied.

Among the most recent ones, it’s worth mentioning the “Progetto Leopoldo” (Regione Toscana and Università of Pisa), that assessed and optimized the safety features and the environmental sustainability of certain road pavements. Rubberized asphalts (dry and wet) have been studied and a thin friction course was optimized to provide a high friction coefficient (+10÷20% with respect to the traditional ones) and road noise reduction (from 3 to 6 dB with respect to DGHMA) [5].

The acoustic properties of rubberized asphalts (gap / open) have been analyzed in a growing number of pilot tests performed in the last 4 years. The main methods used for noise measurements have been those of “pass-by noise” or “close proximity” (CPX – ISO 11819-2). Tests carried out with measurement boxes fixed at about 4 m high to lamp-posts along the road side have shown a reduction in noise, depending on traffic speed, between 3 dB(A) and 6 dB(A) with respect to the reference road; for Open Graded mixtures a peak in the acoustical absorption can be detected, corresponding to 630 Hz (Figure 9) [6].

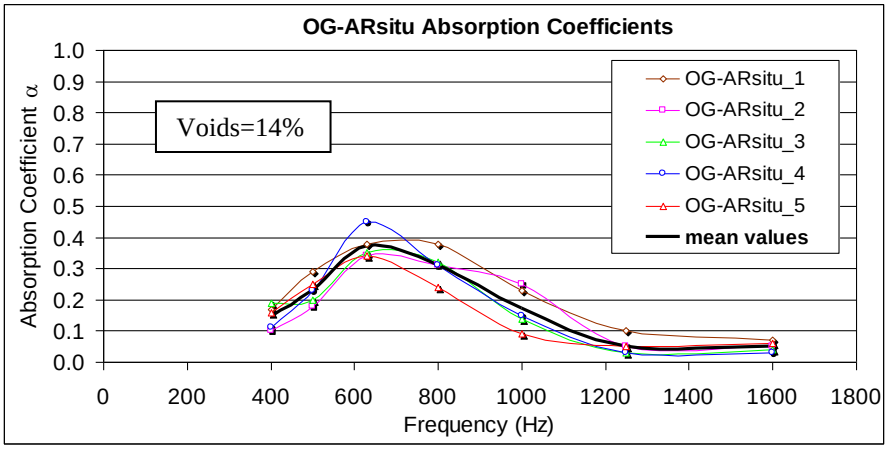


Figure 9. *Absorption coefficients of Open Graded AR mix*

One of the most interesting projects on noise reduction under progress is the "HUSH" (Harmonization of Urban noise reduction Strategies for Homogeneous action plans) project which has the aim to harmonize, at a European level, the national norms on noise management. Also in this case, rubberized asphalts have provided outstanding tire/road noise mitigation [7].

To assess the relationship between increasing vehicle speed and noise emission spectra in urban environment, an important study was carried out by Vienrose [7], that used the SPB (Statistical Pass-By Method) to gather information on vehicles transit at speeds lower and greater than 45 km/h in the same measurement location.

Acoustic data were reported on a "LAFmax-Speed" (maximum noise level) graph as shown in Figure 10. The blue lines refers to the noise emissions of vehicles on the asphalt rubber open graded pavement, the green line to those passing on conventional pavement, the red line to those related to the gap graded pavement. AR open and gap graded show a significant noise reduction, with differences that exceed 5 dB (A): an excellent result in urban environment.

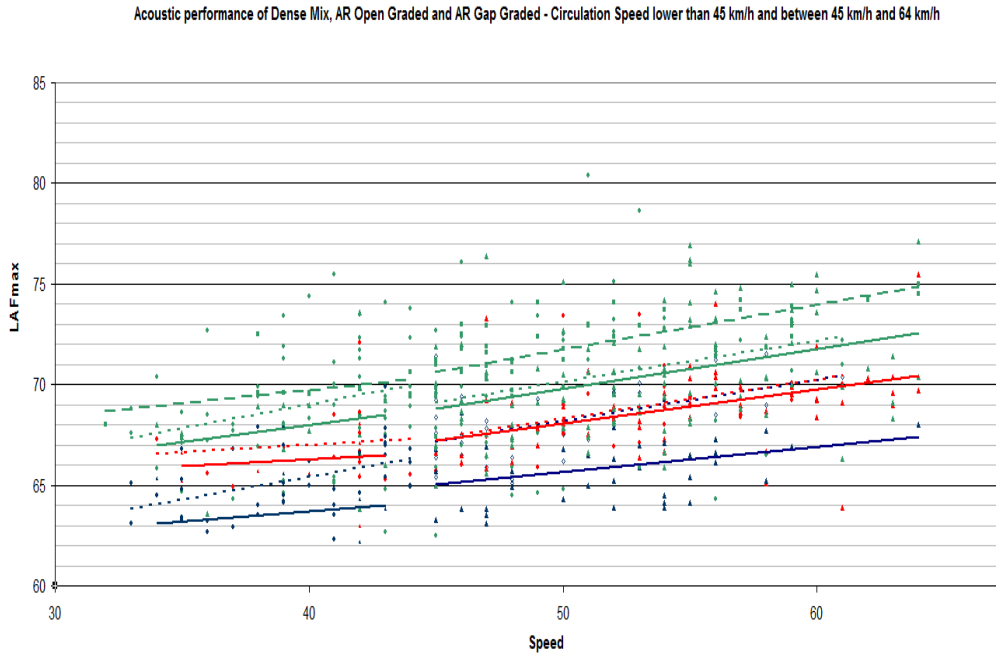


Figure 10. *Vehicle noise emission below and above 45 km/h with SPB method for Gap graded (red line) and Open graded (blue line) Asphalt Rubber Hot mixes compaired with "traditional" Dense mixes (green lines)*

Moreover, the exceptional mechanical properties of the AR mixtures have been studied by Università Politecnica delle Marche that have recently confirmed superior fatigue resistance, reduced moisture sensitivity and excellent thermal cracking sensitivity [8,9,10].

In 2009 the Province of Torino, with the scientific support of the University of Torino, has launched a development project with the aim to evaluate the use of rubberized asphalts in the roads under their administration. The project has brought to a detailed rheological analysis of asphalt rubber binders and an extensive characterization of a Gap Graded mix which has been utilized to pave, so far, 16.000 m2 of highway [11]. Notwithstanding the positive project results, the experimental phase has not yet been followed by a regular use of the tested materials. For the time being, the size of the pilot trials is far from being relevant for statistics on the “rubberization” of the italian highway network (about 5.700 Km).

Indeed, all the above mentioned studies confirmed the excellent performance of the AR technology, both in urban and highway scenarios. The Italian studies present a complete systemic approach for an evaluation aimed at the characterization of Italian Asphalt Rubber mixes and give immediate answers for producers and applicators.

9. Conclusions

Recycling of waste materials in Engineering is not a "matter of fashion": the scientific community is more and more spurred to develop technical solutions and models aimed at a reintegration process in the production of materials otherwise landfilled or stockpiled.

Traffic engineering field, more than any other, is suited to this mission, as the construction of transport infrastructures often involves large movements of materials, with volumes not easily found in other types of works.

With the aim of highlighting best practices in sustainable road management, a number of projects have been put in place in Italy. Among other proposals, rubberized asphalts represent a missed opportunity: studied for over 30 years all over the world, that kind of modified asphalts have showed superior mechanical and functional properties, ensuring a longer durability in all climates, with respect to other conventional materials.

In this paper, after a summary of the state of Asphalt Rubber technology in Italy, results of a quantitative analysis of environmental benefits arising from ground tire recycling in road pavements are shown also in terms of energy balance and CO2 savings.

The main conclusion is that: to what concerns the recycling of ground tires in road construction, environmental protection is no longer a burden but a resource.

In particular Asphalt Rubber technology provides the opportunity to improve the road network in terms of performance, service capabilities and support to local and national economies, reducing both environmental and economy costs.

10. Bibliography

[1] Sousa, J. Way, G.B., Carlson, D. D., "*Energy consumption of alternative scrap tyre uses*", Proc. Of the Asphalt Rubber 2006 Conference, Palm Springs, USA, 2006;

[2] European Directive - "*Information concerning the recycled materials and goods and articles made with recycled materials from rubber*"- as the DM 203/2003 - G.U. No 173, 27 July 2005;

[3] ASTM International Annual Book of Standards, D 8 Definition, 2005;

[4] Antunes, I., Way, G. B., Sousa, J., Kaloush, K. (2006) – "*The Successful World Wide Use of Asphalt Rubber*" – Proceedings of the 16th Convegno Nazionale SIIV, Cosenza, Italy;

[5] Rubber Pavement Association (2001), "*Evaluation of asphalt pavements in Texas*", PaveTex Engineering and Testing, Tempe Arizona, USA.

[6] G. B. Way, "*OGFC Meets CRM. Where the rubber meets the rubber 15 years durable success*", Proceedings AR2003 International Conference on Asphalt Rubber, Brazilia, Brazil, 2003;

[7] Morris, C. R., "*True Cost Effectiveness of Asphalt-RubberPaving Systems*," Use of Waste Materials in Hot-Mix Asphalt. ASTM STP1193, H. Fred Waller, Ed., American Society for Testing and Materials,Philadelphia, 1993;

[8] Way, G. B., "*Asphalt Rubber-Research and Development: 35 years of progress and controversy*", ETRA annual meeting, Brussels. Belgium, March, 2000;

[9] Internet site: www.asphaltrubberitalia.com;

[10] Antunes, I., Murachelli, A., "*Analysis of environmental sustainability in the rehabilitation of existing pavements using Asphalt Rubber hot mixes*", Proceedings of AR2009 International Conference on Asphalt Rubber, Nanjing, China, October 2009;

[11] Canestrari, Pasquini, Antunes "*Asphalt Rubber hot mixes*", Proceedings of AR2009 International Conference on Asphalt Rubber, Nanjing, China, October 2009;

[12] Sousa J., Proceedings of AR2003 International Conference on Asphalt Rubber, Brazilia, Brazil, 2003.

PROTECTION FROM THE ROAD NOISE IN SUBURBAN AND URBAN CITY AREAS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Goran I. Mijoski[1], Risto Manchev
[1] Faculty of civil engineering, „Saints Cyril and Methodius“ University - Skopje, Republic of Macedonia, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Summary: *The noise has great influence on the environment and represents a serious problem, because it contributes for significant reduction of the life quality of the people. In the order of the influences on the environment the noise is on the very top, together with the pollution of the air and the water. It's very important to point out that the noise has bad influence not only on the environment, but also on the driver and the passengers in the car. Special accent in the paper is put on the noise caused from the motor traffic – so called „traffic noise“, which is dependent from the surface characteristics of the pavement surfaces.*

Key words: *noise, pavement surface, tires, measures for noise protection, acoustic barrier.*

1. INTRODUCTION

The sound presents a kind of energy that gets transferred through sound waves that the human ear can detect (range of sound pressure from 0 to 120 dB, while the human ear can detect sound in the range from 20 Hz to 20 kHz), and noise is defined as all the unwanted sound we hear. Noise has its physical properties: intensity, range and time changes that are measured by specific units. The intensity is measured in decibels [dB], range in frequency [Hz], and the time changes of duration are measured in seconds [s], or parts of a second. Most sources of noise from everyday life can be represented as: dotted and linear sources. The sound from dotted sources spreads monotonous in all directions, while the sound of linear sources spreads cylindrically. Noise coming from road traffic, represents a linear source of sound.

Noise has a major impact on the environment and poses a serious problem because it contributes to a significant reduction in the quality of people life. In the order of influences on the environment, noise is at the very top, along with air and water pollution. Noise affects people in a form of harassment and diseases associated with stress, and also has an impact on the communication and concentration. Also it may cause reduced sleeping and stress, contributes to higher blood pressure and heart disease. Noise of 80 dB is traumatic (work performance, sleep), while physiological changes occur within the noise of 65 dB. The impact of noise on animals is expressed with obstacles in communication, migration and reproduction. Conducted surveys in EU countries showed that nearly 20% or about 80 million inhabitants live and work in areas where noise level is higher than 65 dB, and approximately 170 million inhabitants live and work in so-called "Gray zones" in which the noise level ranges between 55 and 65 dB. (European Commission: *Green Paper – Future Noise Policy*, Brussels, 1996). Based on conducted tests, the European Union recognized noise as a problem, published Directive 2002/49/EC.

As common sources of noise, can be specified: construction activities, road and railway infrastructure, airport or helipad, street infrastructure, parking (open or closed - in an object), buildings for sports and other events, buildings for accommodation and residence of people (neighborhood), household appliances, racing tracks, amusement parks, shooting grounds and other. Based on conducted surveys, the type of noise which is a result of different sources, it was concluded that the greatest percentage of 81% goes to noise caused by traffic called transport noise, while only 19% of noise is a result of other noise sources (industry, construction and noise from activities in their spare time) (Figure 1). There are three types of transportation noise: the noise from road, rail and air traffic.

[1] mijoski@gf.ukim.edu.mk

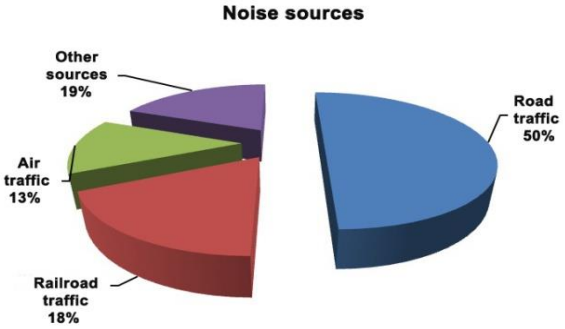


Figure 1. *Diagram of percentage share of various noise sources*
Source: (European Commission: Green Paper - Future Noise Policy, Brussels, 1996)

Noise as a serious problem should be considered in all stages of the transport system, from design, construction, maintenance, up to reconstruction. The noise that comes from transport affects millions of people and in many cases requires competent authorities to ensure the reduction of noise from transport, to improve or completely restore their quality of life. Noise impact on the quality of life can be very significant especially when expansion to transport systems. That is why there is a greater need for noise control and why noise in the field of transport is constantly increasing.

2. NOISE ON THE DRIVING SURFACES

Any source of sound can be described thanks to the combined ranges, amplitudes and time history. The range reveals the frequency content of sound. Figure 2 shows an example of the continuous range of consistant motorway traffic, where you can see that the most dominant frequency range is between 200 and 2000 Hz.
People do not hear equally well on all frequencies, they are perfectly able to hear frequencies from 20 to 20,000 Hz (though sensitivity at higher frequencies decreases with age), where the hearing is most sensitive from about 1,000 to 6,300 Hz.

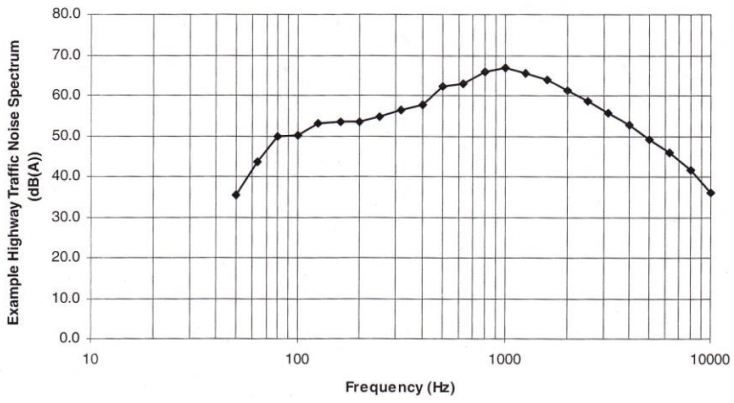


Figure 2. *Example of a range from transport noise on motorway*
Source: (Rochat J.L.: Transportation noise issue)

2.1. Influential factors of transport noise

Noise caused by motor traffic called transport noise is the result of interaction between motor vehicles and pavement surface. Changes of the interaction, lead to changes in the level of noise. It depends on the intensity, type, structure and speed, and regarding the way it depends on the type, condition of the pavement surface and longitudinal slope.
Noise caused by motor vehicle in motion, can be divided into

- noise created by the engine when working (***„engine" noise***) and
- noise generated by the interaction of tyres from the vehicle and the pavement surface, when the vehicle is passing through the media - air (***„rolling" noise***)
- noise which is the result of air turbulence that occurs when the vehicle moves (***„aerodynamic"*** noise) (Figure 3).

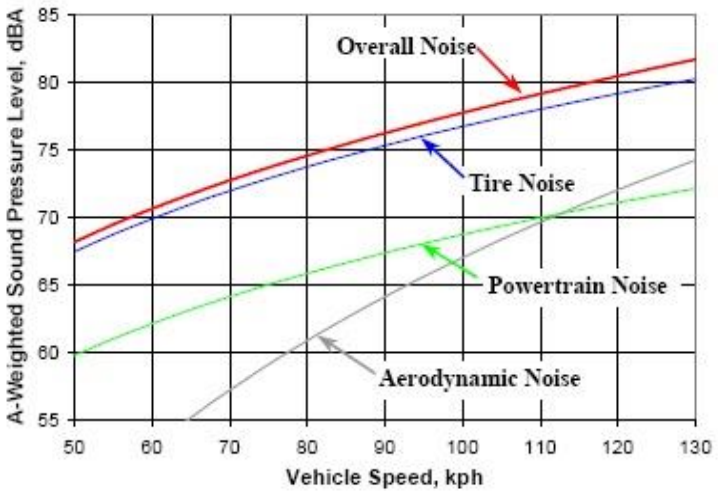


Figure 3. *Types of traffic noise*
Source: (Rochat J.L.: Transportation noise issue)

The sound that comes from motorway traffic, a distance of about 90 meters (300 feet) from motorways, nearly always presents a noise level of 60 dB (A) (Figure 4).

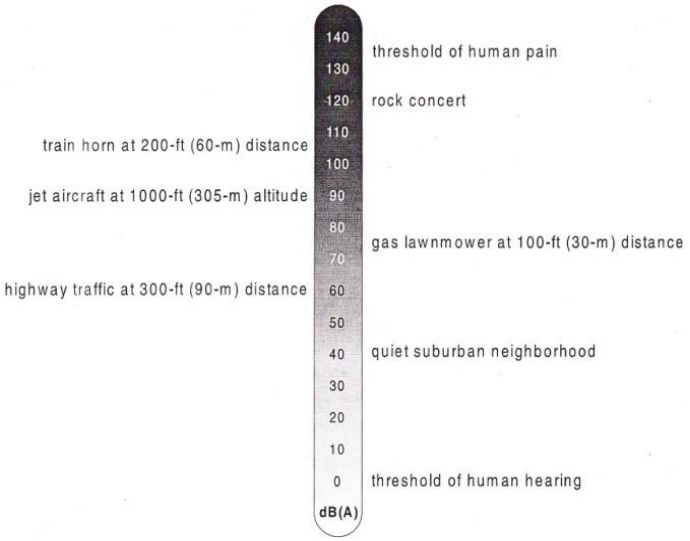
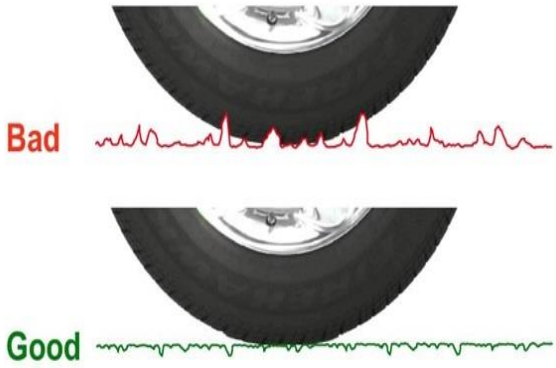


Figure 4. *Examples of noise sources*
Source: (Rochat J.L.: Transportation noise issue)

2.1.1. Impact of transport noise from pavement surface

The results of measurements of noise during movement on pavement surface from asphalt concrete, show that the noise from the rolling of the tyre in direct speed, is the source of noise which is predominant in lightweight, and in heavy vehicles. This shows that such noise is primarily dependent on structural features of the pavement surface (depth of micro and macrotexture) and bumps or evenness of the pavement surface expressed by the parameter – „International Roughness Index“ (IRI [m/km]). Greatest impact on noise have the pavement surface and the traffic. Pavement surface influences noise through the following factors: roughness and condition of the surface. The influence from the depth of roughness of the pavement surface (Figure 5 & 6) mostly depends on:

- the selected type of wearing asphalt layer (in terms of graininess and composition of the asphalt mixture);
- impacts from construction;
- as well as additional measures taken in the exploitation of roads (procedures thining the road).



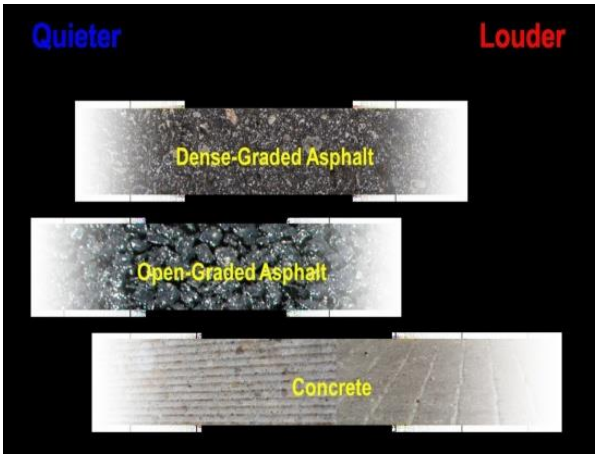


Figure 5.*Bad and good texture* **Figure 6.***Range of tire-pavement noise levels for variuos types of pavement*
Source: (FHWA: The little book of quitter pavements)

It was found that there is proportional dependence between the depth of surface roughness and the pavement surface, or by increasing the depth of the pavement surface roughness , it comes to a linear increase of the noise and reverse, by reducing roughness noise is reduced from the interaction with tires, but it is important to note that reducing roughness deteriorates the stability of vehicles and requirements for traffic safety. Roads with so-called "positive" texture, make higher noise than those with "negative" texture.

Also, it was determined that the emission of noise on concrete pavement surfaces (with final wearing layers) is greater than the pavement surface of asphalt wearing layers. Influential factor on the increase of noise is the final layer of road depending on the method of calculation, according to the German (Tab. 1) or French method (Tab. 2), its impact is different.

Tab. 1. *Increase in the level of noise depending on pavement surface (German method)*

Type of pavement surface	D_4 (dBA)
Asphalt	0
Rough asphalt and concrete	1
Rough concrete (blistered)	1,5 - 2

Source: (doctoral disertation)

Tab. 2. *Increase in the level of noise depending on pavement surface (French method)*

Type of pavement surface	$D_{коловоз}$ (dBA)
New asphalt or cement concrete pavement	0
Coarse grained asphalt	2
Flat rocky coating, worn cement concrete pavement	3

Source: (doctoral disertation)

Additional external factors that affect the noise are the situation on the pavement surface, or evenness, unevenness, dimensions and geometric elements of the alignment (longitudinal and cross slope, horizontal and vertical curvature of the route), then emerging deformations of it, its polishing whether pavement surface is dry or wet (Tab. 3) and others.

Tab. 3. *Average values measured on noise at asphalt and concrete vehicular structures for specific situations on the road*

Wearing layer	Condition of the road	Speed of driving (km/h)		
		60	80	100
		Noise in [dB (A)]		
Asphalt	Dry	70	75	79
	Wet	80	82	84
Concrete	Dry	73	78	82
	Wet	80	82	84

Source: (doctoral disertation)

From Table 3, it can be seen that:

- the level of noise increases with increasing speed of movement and moisture on the road;
- pavement structures with wearing concrete layer are louder when the road is dry, while in wet condition on the wearing layer of the road, the advantage of asphalt pavements as quieter is lost;
- increasing the speed of driving, the condition of the driving surface as an impact on noise decreases.

2.1.2. Impact to transport noise from the speed of movement

It is important to note that at the movement of vehicles with low speed, engine noise is greater than the interaction between vehicles and driving surface. During the movement of vehicles with greater speed than 30 km/h for cars and 40 km/h for heavy vehicles, noise due to tire rolling down the road becomes significant, and at speeds exceeding 50 km/h becomes dominant. It can be concluded that on the roads where vehicles are traveling at high speeds - motorways (up to 130 km/h), the dominant noise is one that is created as an interaction between the wheels of the vehicle and the pavement surface, while the noise produced by the operation of motor vehicles becomes negligible.

Impact on noise has the type or category of vehicles, there for it is necessary to dispose the data bank not only about the size of traffic, but also about the category of vehicles that move along the specified road. Therefore, precise calculations are done when we divide the vehicles in several categories (Figure 7), not just two (light and heavy vehicles).

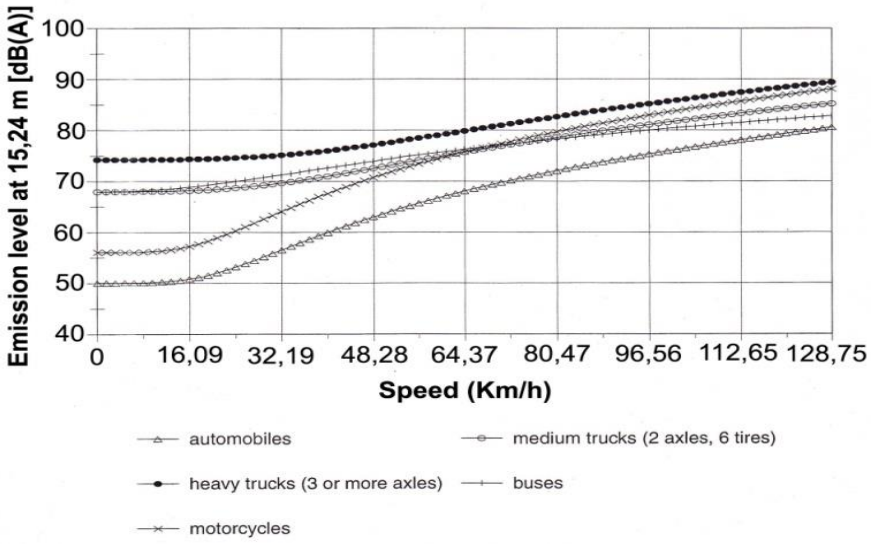


Figure 7. *Emission level data as a function of speed for five vehicle types*
Source: (Rochat J.L.: Transportation noise issue)

2.1.3. Impact of transport noise from tires

Noise caused by the tires depends on several factors including: the internal pressure in the tires, from the depressed area and the type of tread of the tire. High impact of tyres to noise, is evident in the fact that the worn tread of the tire due to greater land area, together with tyre pavement surface, is creating more noise.
It should be noted that noise from the tyres is greater for trucks, while at cars it becomes dominant at high speeds.
By applying new technologies in the manufacture of automobile tires, and designing the type of tread of the tire, some brands in the manufacture of tires produced so called „Silent“ tires (Figure 8), that while interaction between tires and pavement surface for the same type of pavement surface and the same conditions on it, can produce significantly less noise.

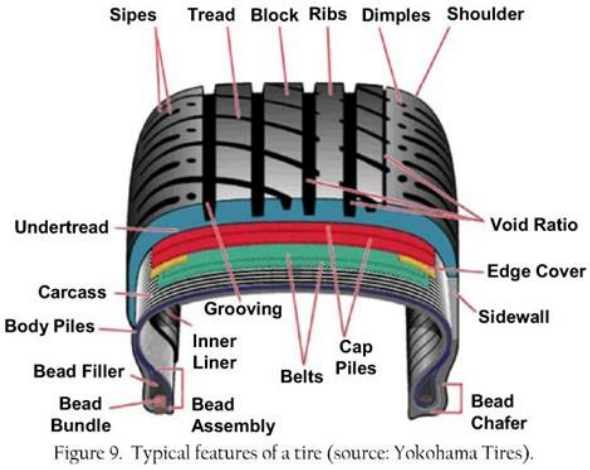


Figure 8. *Typical features of a tire*

Source: (Yokohama tire catalogue)

Realizing the importance of the transport noise and performed tests defined by the Direction of European Commission (Direction EC 1222/2009 Source: European Commission's impact Assessement SEC (2008) 2860) the tires must have a label (Figure 9 and 10) which indicate the level of noise they produce expressed in decibels (dB). Marking the noise level of the tire is with black lines (Figure 11) as follows:

- 1 black line – very little noise from the tire;
- 2 black lines – average level of noise and
- 3 black lines – very noisy tire.



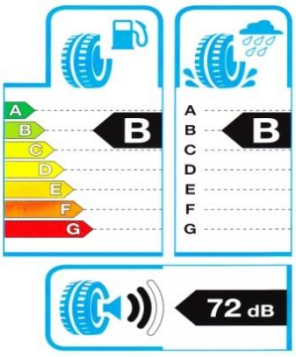


Figure 9 & 10. *Label for tire noise according Direction EC 1222/2009*
Source: (Michelin tire catalogue)



Figure 11. *Marking the level of tire noise according Direction EC 1222/2009*
Source: (Michelin tire catalogue)

3. THE PROTECTION MEASURES FROM ROAD TRAFFIC NOISE

Many of us everyday collide with the road traffic noise, although most affected are the people who live, work or attend school near a motorway or road with heavy traffic. Measures for protection against noise are divided into four groups (of which the first measure is the primary measure, while the remaining three are secondary measures) as follows:

- Measures to reduce noise at the source;
- Measures to reduce the spread of noise between the source and place of reception (This measure is applied in cases where it cannot be done to reduce the noise level at the source within the prescribed limits, and then it has to be done in one of two ways: the first intervention in place of emission by placing various types of barriers for protection from noise and the second is planning and managing the area near the road);
- Protection against noise at the site of emission (This type of measure is applied when you can't apply the previous two and includes the use of sound insulation and paying close attention to the design of buildings near the road) and
- Taking economic measures and adopting appropriate regulations.

The first measure to reduce noise at the source, or reducing the noise that occurs as an interaction between the tires of the vehicle and pavement surface and is performed by one of the following measures: Reducing the speed of movement, choosing the type of pavement surface, quality maintenance of roads and vehicles, etc.

The most common type of noise reduction on motorways is setting up a sound wall or sound barrier with wall shape, designed to reduce noise to 10 dB (A). These walls are built to lie longitudinal on the motorway blocking the visual path from the view of people who live along it. (Figure 12 & 13).



Figure 12 & 13. *Acoustic barrier for protection against traffic noise (Switzerland)*
Source: (own photo)

There are many different types of materials (they can be made of plastic, stone, wood, metal, glass and other) and structures to reduce the noise made by the available space, acceptance by the population and durability.
In order to be effective the barriers set along the roads, must satisfy several criteria including: a good ability to absorb sound, mechanical resistance and stability, resistance to frost and action of salt from winter road

maintenance, fire resistance, and to satisfy esthetic criteria to match its surroundings. There are two types of barriers: reflecting (they reject sound waves without reducing their intensity) and absorbing (they absorb part of the sound energy and emit a sound wave with reduced intensity). European experiences from the use of barriers for noise protection in urban areas, are shown on the following images (Figure 14 and 15).

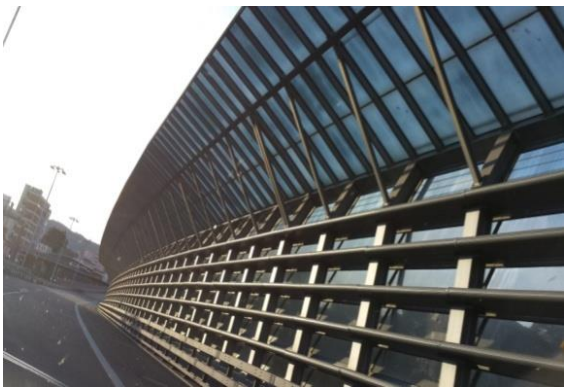




Figure 14 & 15. *Acoustic barrier for protection against traffic noise in urban area (Switzerland)*
Source: (own photo)

4. PROTECTION FROM NOISE ON MOTORWAYS AND URBAN STREETS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

4.1. Protection from noise on motorways

It has been several years since an appropriate legal regulation to protect from noise was adopted in the Republic of Macedonia, although we are not yet a member of the EU. In the past protection from transport noise on roads in the Republic of Macedonia (motorways, national and regional roads), was not given a proper attention. The first protective walls – barrier were built during building a ring road around the city of Skopje (motorway A-2, E-75). Acoustic barriers were implemented, both absorbing and reflecting. Absorbing barriers are made of aluminum, perforated on one side, filled with mineral wool (Figure 16), while reflecting barriers are made of plastic and are transparent (Figure 17).





Figure 16 & 17. *Absorptive and reflective acoustic barrier at Skopje Ring Road, motorway A-2 (E-75)*
Source: (own photo)

4.1. Protection from noise on urban streets

Two authorized institutions in Republic of Macedonia are dealing with measurement of noise: the Ministry of Environment and Physical Planning (Central Laboratory of Environment) and the Ministry of Health (Republic Institute for Health Protection). In order to see the magnitude of noise in Skopje, traffic noise measurements were implemented by the Central Environmental Laboratory during April 2003 (Figure 18).

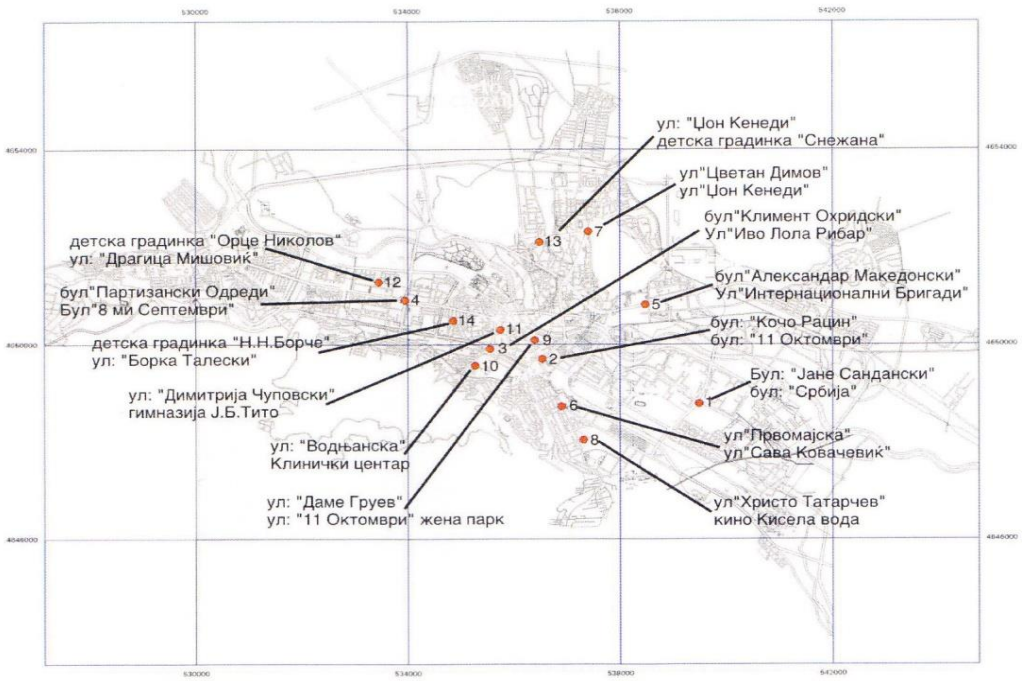


Figure 18. *Locations of measuring points in the territory of Skopje*
Source: (Ministry of Environment and Physical Planning)

The results of the measurements show that the measured noise level exceeds the maximum permitted level on all measuring points (Figure 19).

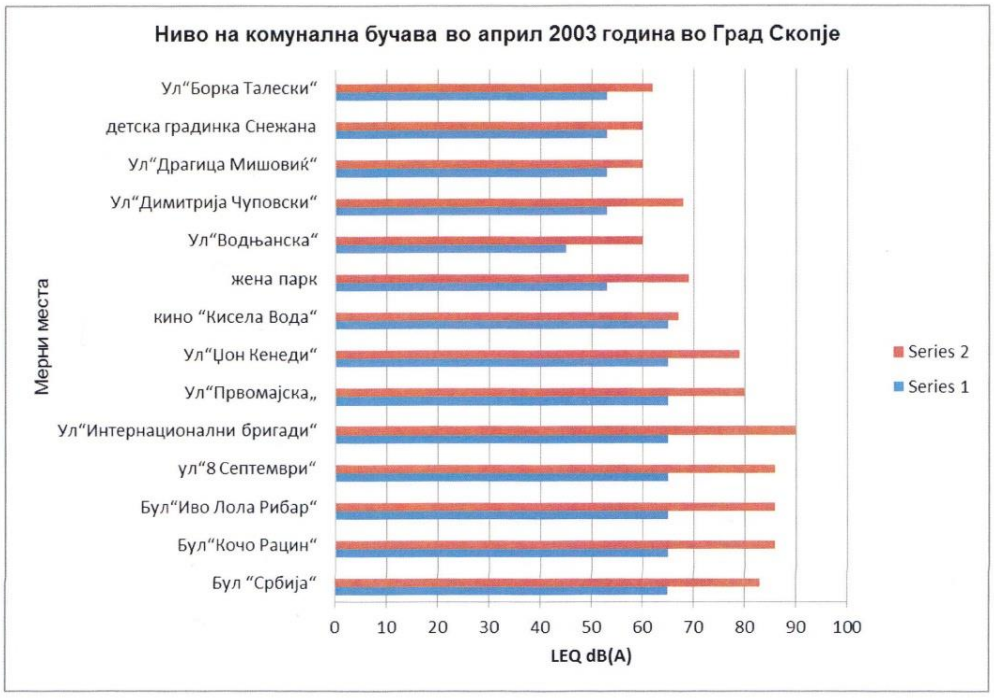


Figure 19. *Results of measurements conducted by the Central Laboratory*
Source: (Ministry of Environment and Physical Planning)

Despite the knowledge of the size of traffic noise and its impact, noise protection on urban roads in the Republic of Macedonia with protective sound barrier has been applied only in Skopje in two places: the transport center in the city center - reflecting barrier (Figure 20) and at exit / entrance from Skopje Djorche Petrov - an absorbent barrier during the construction of Ring Road of Skopje (Figure 21).



Figure 20. *Reflective acoustic barrier in Skopje*



Figure 21. *Absorptive acoustic barrier in Skopje*

Source: (own photo)

The reason for the lack of commitment to the protection against noise, probably lies in insufficient funding for road construction, and because there is no systematic monitoring of the noise on the road during exploitation. Other types of protection (applying the „Silent“ roads, etc.) have not been applied to the road network in Macedonia yet.

5. CONCLUSIONS

Despite the measures of traffic organization, lowering noise level can be achieved with proper selection, design and content of the pavement surface. Near the populated areas should be paid particular attention to eliminate bumps and provide a good connection between the final and lower layers of road construction and avoiding deformation of the parts of intense breaking and departure from the place. Dilatation joints of cement-concrete pavements needs to be performed so that it don't cause additional noise impacts.

One of the main factors to be considered in spatial arrangement, shall be noise pollution because it significantly affects the health of people.

The competent departments of roads, have to introduce the following activities in their practice:

- Planning and management of noise;
- Assessment of harmful effects on humans and the environment;
- Preparation of strategic noise maps and
- Preparation of action plans.

Implementation of these measures will result in better protection from transport noise.

References:

[1] Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise (Official Journal of the European Communities, L189/12, 2002)

[2] European Commission: Green Paper - Future Noise Policy, Brussels, 1996th

[3] European Commission Working Group 5: Inventory of noise mitigation methods (Brussels, 2002)

[4] Law on protection against noise in the environment (Official Journal of The Republic of Macedonia, No.79, Skopje, 2007)

[5] Mijoski G. „Integral approach to the evaluation of attributes and indicators of pavement surface“, doctoral dissertation, 2010.

[6] Rules for application of noise indicators, additional indicators of noise, method of measuring noise and methods of assessment indicators for noise in the environment (Official Journal of The Republic of Macedonia, No.107, Skopje, 2008)

[7] Rochat JL: Transportation noise issue, Chapter 19 (Handbook of transportation engineering, USA 2004)

[8] Rasmussen R., Bernhard R., Sandberg U., Mun E.: The little book of quieter pavements (U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration, Washington DC, USA, july 2007, p. 37)

[9] Yokohama tire catalogue: AVS dB Decibel V550 - (2010)

[10] Michelin tire catalogue (2012)

[11] Watts GR: Traffic Noise Barriers (TRL Annual Rewiev, 1995)

[12] Lakusic S., Dragčević V., Rukavina T.: Mere za smanjenje buke od prometa u urbanim sredinama (2005)

[13] Directive EC 1222/2009 Source: European Commission’s impact Assessement SEC (2008)2860

[14] Правилник за примена на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина (Службен весник на РМ бр.107, Скопје, 29.08.2008)

[15] Министерство за животна средина и просторно планирање, Централна лабораторија за животна средина, Кацарска И. „Мерење, анализа и контрола на сообраќајната бучава во урбани средини“ (2003 год.)

REDUCING TRAFFIC NOISE IN SERBIA; GUIDELINES LOW-NOISE PAVEMENTS AND NOISE BARRIERS

W. van Keulen[1]
VANKEULEN advies bv, Multatulistraat 5, 5251 WV Vlijmen, the Netherlands
B. Vuksanović[2]
Roads of Serbia, Bulevar kralja Aleksandra 282, 11000 Belgrade, Serbia
I. Andrić[3]
The highway Institute, Kumodraska St. 257, 11000 Belgrade, Serbia
Đ. Mitrović[4]
Roads of Serbia, Bulevar kralja Aleksandra 282, 11000 Belgrade, Serbia
K. Perić[5]
Ministry of Energy, Development and Environmental Protection, Omladinskih Brigada 1 str., 11070 Belgrade, Serbia
M. Duškov[6]
InfraDelft bv, Platanendreef 54, 3137 CN Vlaardingen, the Netherlands
R. Westerveld[7]
Westerveld Advies B.V., Prinsengracht 80, 1015 DX Amsterdam, the Netherlands

Abstract: Due to the developing economy in Serbia traffic intensities will increase significantly. This has led to unacceptable noise levels especially near highways. Traffic noise is, therefore, the most prominent source of environmental noise. In Serbia knowledge on the development and application of low-noise roads and noise barriers is developing. Existing experiences form the Netherlands are transformed with respect to local circumstances.
This will lead to a wide application of low-noise roads and noise barriers in Serbia for acceptable costs and with local people and equipment. Thus the negative environmental aspects of developing infrastructure will be reduced significantly and the noise will remain below acceptable levels The result of a G2G project to achieve the project goal is a final document with guidelines for techniques, methods, standard, cost optimization and planning to reduce traffic.

Keywords: *low-noise pavements, noise barriers*

1. INTRODUCTION

Due to the developing economy in Serbia (5.6% in 2008, 7.1% in 2007, 5.6% in 2006) traffic intensities will increase significantly. This has led to unacceptable noise levels especially near highways. Traffic noise is, therefore, the most prominent source of environmental noise. More than 60% of the urban Serbian population is exposed to traffic noise levels that are considered to affect ones well-being seriously. About 25% is exposed to levels where health effects start to occur which was shown clearly by the Institute for Hygiene and Medical Ecology, Belgrade. Noise measurements have been carried out in Belgrade since the 1970's. Recent measurements (Agency for Land and Building of Belgrade, 2003) showed that too high noise levels are found for more than 1.500.000 inhabitants in Belgrade, 100.000 in Kragujevac, and 25.000 in Paraćin. In that research the application of, amongst others, low-noise roads has been advised. Due to economy induced traffic increase in Serbia these numbers will be even higher in the near future.
According the European Environment and Health Committee Serbia there are problems relating to inadequate legislation and limit values regarding noise, inadequate monitoring of noise in urban areas, lack of spatial planning including noise zoning, improper location of industrial areas, lack of noise protection projects, insufficient control of noise emitted by motor vehicles, and improper traffic management. The severity of traffic noise requires the large-scale introduction of low noise technology.
Of the several technologies available to road authorities is the application of low noise surfaces which is not only the most cost-effective but also can be implemented on relative short notice. These advantages have led in the Netherlands to the development and application of several low noise surfaces. Low-noise road surfaces are considered to be among the most effective means of reducing traffic noise. The number of seriously annoyed people in Serbia will decrease in between 40% and 75%. However, in Serbia knowledge on the development and application of low-noise roads is missing. Therefore, technologies and knowledge

[1] info@vankeulenadvies.nl
[2] Biljana.vuksanovic@putevi-srbije.rs
[3] kolkon@eunet.yu
[4] Djordje.mitrovuc@putevi-srbije.rs
[5] Kristina.peric@ekoplan.gov.rs
[6] info@infradelft.nl
[7] info@westerveldadvies.nl

with respect to low-noise roads have to be developed. Existing experiences form the Netherlands have to be transformed with respect to local circumstances. This will lead to a wide application of low-noise roads in Serbia for acceptable costs and with local people and equipment. Thus the negative environmental aspects of developing infrastructure will be reduced significantly and the noise will remain below acceptable levels according EU standards and Serbian standards for environmental protection (Sl.G.RS br. 66/91, 83/92, 53/93, 67/93, 48/94 and 53/95), Code book for Allowed Level of noise in Urban Environment (Sl.G.RS br.54/92) and ISO 2264, ISO 1996, ISO 140.

2. PROJECT

2.1 Project Setting

The project was a proposal by the Serbian government to the Dutch government to transfer knowledge and experiences from the Netherlands over to Serbia. Based on this transfer, the actual implementation of the proposed measures against noise is to be carried out by Serbian companies and with Serbian materials.
The project was part of the EVD programme 2g@there in general, which resulted from the activities initiated by Dutch Serbian Business Council (DSBC) for Infrastructure and Environmental Protection in particular. Aim of this is promotion of Dutch businesses abroad, which should eventually lead to the gathering of written orders. The cluster was facilitated here by the Dutch government. With the beneficiaries and stakeholders a working group was formed that met regularly on base of official agendas and unofficially during holiday times in the Netherlands and Serbia.
The working group included the authors and co-authors of this paper. The Serbian partners have been assisted by various local experts on the fields of road construction and acoustics. It has been agreed that the close contacts with the Serbian counterparties will continue. This has already led to several formal (new congress) and informal meetings since the end of this project. The Dutch partners are members of the Dutch Serbian Business Council. Also several social events came out from these contacts. For example in April 2012 there was a football game between Dutch and Serbian girls where the Serbian partners and colleagues were invited. This initiative has been adopted by the UEFA.

2.2 Planning

There were three phases with the following components:

1. Inception phase
   - Compilation of existing EU directives and analysis of the Serbian laws and regulations in terms of traffic noise.
   - Processing of meetings of the Dutch Serbian Business Council
   - Processing of consulting stakeholders within the EVD
   - Processing information during incoming and outgoing missions
2. Main Implementation Phase
   - Developing guidelines.
   - **Symposium**
   - Working visit by Dutch experts
   - Working visit by Serbian experts
   - Consult experts within the team and project team
   - Case Study
3. Final Phase
   - Prepare **final document**
   - Concluding discussions with the EVD
   - Concluding report



2.3 Project history

The project started at the 10th of December 2009 with the Inception Phase. During the inception phase, there was intensive contact with the Serbian stakeholders and beneficiary. The major events were:

- 22 and 23 February 2010, Belgrade: Kick-off meeting.
- 20 September 2011, Belgrade: Symposium
- 31 October, 1 and 2 November 2011: incoming mission with visit to the Serbian Embassy and the government of Limburg.

2.4 Results and documents

The results and documents of the project are:

1. Document with an overview of the current EU directives and Serbian legislation on noise control with any additional guidelines2.
2. Symposium and working visits.
3. Final Document with guidelines for techniques, methods, standard, cost optimization and planning to reduce traffic noise3.
4. Pilot of the proposed measures to reduce traffic noise are evaluated with a cost - benefit analysis3.
5. Closing report

The reports were extensively discussed with the Serbian partners by e-mail and during the incoming mission. Remarks and wishes from the Serbian side have been included in the latest versions of the reports. Two sample studies have been performed with the Serbian partners. The results and comments have been incorporated in the Guidelines.
The guidelines are mandatory in Serbia and, therefore, they have been translated into Serbian and distributed among the respective departments and institutes.

2. SYMPOSIUM AND INCOMING MISSION

2.1 Symposium

The symposium was held on the 20th of September 2011. In the accompanying invitation it has been stressed that the severity of traffic noise requires the large-scale introduction of low-noise technology. Among these technologies is the application of low-noise surfaces and noise barriers (approximately 450 km along Dutch roads) which are not only the most cost-effective but also can be implemented on relative short notice. These advantages have led in the Netherlands to the development and application of several types of low-noise pavements and noise barriers. Large scale application of both effective low-noise pavements and noise barriers can reduce the number of seriously annoyed people in Serbia between 40% and 75%.
In the scope of the symposium existing experiences and proven technologies from the Netherlands are presented with respect to local circumstances. The public (including two formal state secretaries for infrastructure: Miodrag Jocić and Prof Aleksandar Cvetanović) was reminded that Dutch government financially supports this initiative aimed to stimulate wide application of proven low-noise pavements and noise barriers to be produced in Serbia for acceptable costs by local contractors. In this way the negative environmental aspects of developing infrastructure would be limited significantly and the noise levels would meet the Serbian and EU standards.

Symposium Programme		
09:15	Registration and coffee	
10:00	Welcoming note from the Embassy	H.E. Laurent L. Stokvis, Ambassador of the Kingdom of the Netherlands
10:10	Opening remarks (expectations, agenda)	Ms. Biljana Vuksanović, P.E. Roads of Serbia
Traffic noise related problems - Chairman Dr. Milan Duškov, InfraDelft bv		
10:20	General introduction regarding Dutch situation and solutions	Mr. Ron Westerveld, Westerveld Advies bv
10:35	Current situation in Serbia	Ms. Biljana Vuksanović, P.E. Roads of Serbia
10:55	Relevant legal regulation in Serbia	Ms. Kristina Perić, Ministry of Environmental and Spatial Planning
11:15	Discussion	
11:35-11:50	Coffee break	
Low-noise pavements - Chairwoman Ms. Biljana Vuksanović, P.E. Roads of Serbia		
11:50	Current experiences in Serbia	Mr. Ivan Andrić, Highway Institute
12:05	Acoustic aspects	Dr. Wim van Keulen, VANKEULEN advies bv
12:25	Technical aspects	Mr. Ton Kneepkens, Infra Quality Support bv
12:45	Discussion	
13:10-14:15	Lunch	
Noise barriers - Chairman Mr. Ivan Andrić, Highway Institute		
14:15	Current experience in Serbia	Mr. Djordje Mitrović, Highway Institute
14:30	Technical aspects	Mr. Marco Goorden, G+H AKOESTIEK bv
14:50	Acoustic aspects	Dr. Wim van Keulen, VANKEULEN advies bv
15:10	Discussion	
15:30-17:00	Reception	

In his opening speech the Dutch ambassador Laurent Stokvis underlined that Dutch National legislation already in 1979 opened the door for tackling this problem on a level stricter than the EU regulations of that date. It resulted in the fact that in 2001 there were some 450 km of noise barriers positioned next to the national roads in the Netherlands. Development plans includes construction of additional 20 km every year. So called “Quiet asphalt” surfaces are now deployed on over 3.000 km of road network in the Netherlands. Such Dutch experiences in this field can help Serbia get on the fast track for development of noise reduction infrastructure in traffic. Serbia media shown great interest for the presented issues. A camera team made a camera crew was shooting a report on the symposium, an interview was recorded by a radio reporter and notes were published in some newspapers and on numerous websites.

2.2 Incoming mission from Serbia

The incoming mission was held on the 31st of October, 1st and 2nd of November 2011. In accordance with the agreements on the first day of the mission a meeting was organised in Serbian embassy in The Hague

open to all interested Dutch companies. Due to recently realised interesting projects and an invitation of the government Limburg to share their experience with Serbian counter partners Limburg was chosen as mission major destination. Also the asphalt plant of a participating company is located in Roermond. Additional advantage was all kind of noise barriers along motorway A2 during driving to Maastricht. The Serbian colleagues could see different noise barriers made from glass, wood, concrete, sheet piles and aluminium (pipes).
Government experts from Limburg gave an overview of their more than 10 years' experience with various noise-reducing asphalt top-layers. Besides technical also budgetary details about both construction and maintenance costs were presented. Present Serbian decision makers received the relevant reports which help them staring and managing implementation of efficient solutions for traffic noise related problems in Serbia.
The visited construction with aluminium absorbing panels in Brunssum proved to be an excellent solution. At the street level 5 m far from the edge of the tunnel it was impossible to hear/count passing cars. Due to implemented aluminium absorbing panels, traffic noise is inaudible on the adjacent streets.



Figure 1. *Visited construction with aluminium absorbing panels in the Netherlands*

3. LOW-NOISE PAVEMENTS

3.1 General conditions

Here follow some general preconditions that are important for the choice of low-noise pavements:

- Amount of irregular settings in the underground.
- Wanted looks of a road.
- reachability of underground infrastructure
- Requested noise reduction.
- traffic intensity and speed on the track
- balance between light and heavy traffic
- Amount of wringing traffic (crossings, exits, parking places, bus stops, loading areas, etc.).
- Available width of the lane.
- Presence of discontinuities (bridges, junctions, speed reducers, etc.).
- Presence of traffic lights.
- Extra costs of the road surface, initial and maintenance
- Technical possible (no turning traffic)
- Speed > 30 km/h
- Is the application efficient (enough adjacent houses)?

3.2 Specific conditions

During the meetings, symposium and missions more specific boundaries were specified:

- No cracks or rutting in the asphalt layers under the top layer.
- The top layer cannot be put directly on a milled surface. An interface layer has to be applied.
- No hand work on parts that are loaded with traffic.

- No extra surface treatment with fine aggregate or sand.
- Minimum temperature during putting is 5°C.
- Fluent transitions from low noise pavement to the adjacent pavements.
- Reparation with a technique that keeps the noise reduction above intervention value.

The above conditions serve as a base for the functional demands in the contract with the contractor. The choice for a specific contractor is determined by a number of factors:

- Contractor had to have experience with putting special mixtures.
- Contractor has to show in front by durability tests in the laboratory or model calculations that his product is durable.

Applying these two demands in contracts will induce innovation by the contractors with respect to durability and sustainability.

5 NOISE REDUCTIONS

5.1 Initial state

The noise reduction has to be determined relative to a fixed standard road type. In Serbia this can be Dense Asphaltic Concrete (DAC) 0/8. This is very similar to the reverence in the Netherlands. However, the absolute emission levels from Dutch cars on the Dutch reference cannot be compared to Serbian cars on the Serbian reverence due to differences in the car and tyre population. Therefore, the reference in Serbia has to be determined numerically by noise measurements.
If noise mappings, action plans or legal demands play a role all vehicle types have to be taken into account in order to choose the right low-noise pavement. However, checking if the road surface meets its requirements only light vehicles have to be measured. It is known from various researches that the noise reductions of light and heavy vehicles are quite similar, at least in case of a Thin Layer. The emission of the different categories, however, is significantly different. The above implies that in contracts only noise reductions for light vehicles are demanded, while in noise immission calculations all vehicles are incorporated. In contracts noise reductions are expressed with no decimals (for example: 4 dB(A) at 100 km/h for light vehicles). De demanded noise reduction have to be met by the measurement results.
Important aspect is that measurement uncertainty is not to be included in the analyses because the uncertainty is incorporated is the number of decimals in the demanded noise reduction.

5.2 Testing

The initial noise reduction has to be measured by the SPB method according ISO 11819-1. To test whether a surface meets the durability with respect to noise every 2 years a CPX measurement according ISO 11819-2 has to be performed. The requested noise reductions during the monitor period have to be expressed absolutely. Stating a loss reduction on base on the initial results would lead to unclear and not unique criteria:

1. The initial measurement has a measurement uncertainty. If the next measurements are related to the initial one, the measurement uncertainty will be doubled.
2. The intervention value (see next chapter) would be not unique. If the initial results are very positive the intervention value is too strict and vice versa.

5.3 Intervention value

The intervention value is defined as the value at which the road surface is disapproved. This value is equal to the initial value minus 2,0 dB(A). In this case one decimal has to be used (for example: 2,0 dB(A) at 100 km/h for light vehicles). In the contacts have to be included that if the intervention value is not met, then the contactor has to apply measures in order that the noise reduction is again above the intervention value.

6 NOISE MEASUREMENTS

6.1 Methods

Noise measurements must be performed in a consistent manner, so that the impact of external factors such as propagation effects and background noise are sufficiently suppressed. At the same time, measurement conditions need to be representative for ‘normal’ situations for both road surfacings and microphone

positions simulating the environmental noise levels. For all measurements it is essential to log all environmental data such as air and surface temperatures.
In literature there is an on-going discussion on the influence of temperature. Various large scale tests do not correlate in this aspect. The most frequently used measurement techniques to determine the characteristics of road surfacings are:

- Texture measurements (only partial characterization)
- Porosity and/or sound absorption measurements
- Close proximity method (CPX)
- Statistical Pass-by method (SPB)
- Psychoacoustic assessment of recorded (or in-situ) noise

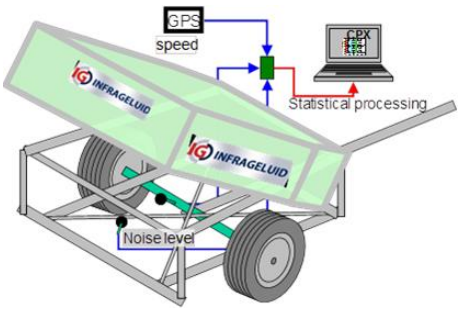
6.1.1 Texture measurements

The texture of a road surface has major influence on the tyre/road noise of vehicles on the road. In particular texture with wavelengths between 5 mm and 200 mm is important for the emission of sound due to tyre/road contact. Texture with these wavelengths is characterised as micro/macro to macro/mega texture. The texture of a road surface is measured by scanning the road surface with a laser distance sensor. This laser can be either mounted on a vehicle or in stationary measurement set-up. Analysis of measured texture profiles consists of calculating the texture parameters MPD, ETD, and RMS and calculating the spectrum by means of a Fast Fourier Transform.
For porous road surfacings, the measured texture profile does not directly provide useful information on the sound emission due to tyre/road contact. This is caused by the fact that the tyres of a vehicle do not make contact with the deep holes in the porous road surface. This effect can be accounted for by appropriate pre or post processing. The texture of the test tracks should be measured with a vehicle mounted laser over a length of about 20 m around the microphone position in both the wheel tracks.

6.1.2 Porosity and Absorption Measurements

Sound absorption is an important acoustical property of (semi) porous road surfacings. To assess, evaluate and optimise the sound absorption properties of road surfacings, it is necessary to perform sound absorption measurements. These measurements can be performed in situ according ISO 13472-11 or with bore cores in the laboratory according ISO 10534-12. A better method is by using a PU probe which can be applied in laboratory as well as in situ. The result of the measurements is the sound absorption as a function of the frequency. The frequency at which the first maximum in sound absorption occurs indicates the effective thickness of the road surface. The height of this maximum indicates the amount of accessible air cavities.
Clogging (pollution) of porous road surfacings has serious consequences for the sound absorption properties of the road surfacings and possibly for the achieved reduction of traffic noise. Sound absorption measurements enable assessment of clogging of porous road surfacings.

6.1.3 Close Proximity method (CPX)

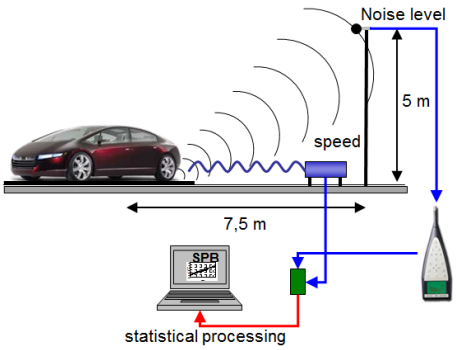


For CPX measurements according ISO/CD 11819-2, special vehicles and near-field microphones are used. The measurements are performed with microphones close to the test tyres on a special testing vehicle. This vehicle will be driven across a designated or arbitrary part of the road. The obtained measurement results are normalised to the nominal speed that belongs to the road category.
Generally speaking, the CPX method is a measurement procedure specifically designed to assess the influence of the road surfacing properties on vehicle and traffic noise. This can be done on distinct sections of the road surface. The conditions for the measurement are such that tyre/road noise is dominant over propulsion noise. The CPX method gives a good estimate of the acoustic quality of the road surfacings. The method can be used to study the homogeneity of the road surfacing over a long distance and under a variety of conditions.

6.1.4 Statistical Pass-by method (SPB)

The SPB method according ISO 11819-1 consists of the measurement of the emitted noise of vehicles in the vehicle fleet. It is used merely to determine the road surfacing influence on the noise emission of road traffic.

This is a standardised measuring method in which the microphone is placed at 7,5 m from the centre of the driving lane.



The standardised microphone height is 1,2 m. The advantage in practice of a microphone height of 5,0 m is the exclusion of unwanted propagation effects effectively. Measurements pointed out that a microphone height of 5,0 m represents noise emission of all vehicle types as well the standard microphone height of 1,2 m does. Therefore, according to the Dutch standard the microphone height is fixed at 5,0 m. In Harmonoise a microphone height of 3,5 m has been chosen. Of every passing vehicle the maximum sound level and the vehicle speed are registered simultaneously.
The results are processed in a scatter diagram in which the maximum sound level is depicted as a function of the logarithm of the speed. A best-fitting linear function follows from this scatter diagram. At a reference speed of 70 km/h for truck tyres and 80 km/h for passenger-car tyres the level is observed from the linear function. SPB measurements are taking the overall noise emission into account including propulsion noise.

6.1.5 Psychoacoustics

A major concern with the introduction of measures to control traffic noise is the perception of the effect by the public. The quantification of these perceived benefits is essential to conducting a meaning cost-benefit analysis. Several studies have shown that the long term relation between average noise exposure and annoyance does not properly describe reactions to traffic management or other noise reduction measures. The simple dose response relationship between traffic noise and annoyance cannot be applied to the perception of noise reduction measures. Important issue of the correct interpretation of the various measurement data, therefore, is the involvement of psychoacoustics.
Due to psychoacoustics a better description of traffic noise can be deduced that correlates better with the subjective impression of people who perceive traffic noise daily. New and better measures based on advanced insights from room acoustics have been derived. The possibilities which offer those insights have to be evaluated further.

7 STANDARD MIXTURE

7.1 General

The design of the low-noise pavement for low and high speeds differ significantly. This difference is caused by a number of mechanisms that play a role (the small pictures illuminate the mechanism):

- Tyre induced vibrations.
- Absorption: this effect is minimal since the porosity of the standard is much lower than that of porous asphalt.
- Air pumping: this effect is largely influenced by the porosity.
- Horn effect: this effect is largely influenced by the porosity.

The balance of the respective contributions depends largely on the speed. At low speeds the effect that are related to porosity is relatively smaller than at high speeds, this holds especially for air pumping. Furthermore, the porosity has a negative influence on durability as can be seen in figure 2.

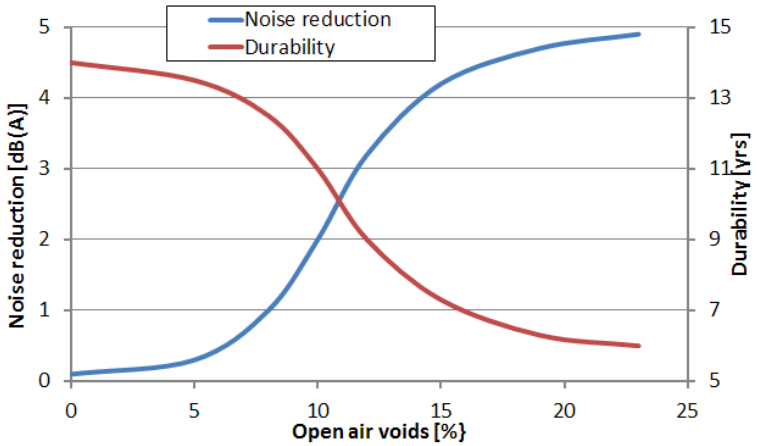


Figure 2. *Noise reduction and durability as function of porosity*

The porosity has, therefore, to be as low as possible. The corresponding negative effects on the noise reduction have to be compensated for by choosing a optimal texture. And texture is highly negative correlated to the maximum aggregate size.

7.2 Mixture for low speeds

Based on the latest theory and practical experience, the following standard construction for low speeds has been designed:

- Gradation: 0/4 gap-graded
- Layer thickness: 25 mm
- Bitumen: high modified SBS, 7%
- Porosity: 9%
- High PSV
- Flakiness: < 10%

7.3 Mixture for high speeds

- Gradation: 0/8, gap-graded
- Layer thickness: 40 mm
- Bitumen: high modified SBS, 7%
- Porosity: 14%
- High PSV
- Flakiness: < 15%

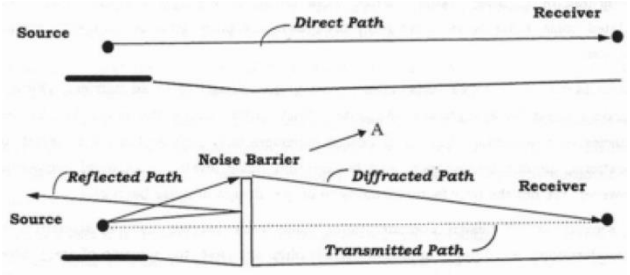
8 NOISE BARRIERS

8.1 General

The following are some of the points which should be considered when the design is checked:

1. The intensity for wind load and calculations for acoustic performance.
2. The quality of the materials proposed to be incorporated in the barrier, particularly those, if any, that are not included in the Material Specifications.
3. That the structural grades of materials used are in accordance with those quoted in the calculations.
4. The supply, transportation and storage of noise barrier materials. Workmanship, particularly any pre-installation treatment required and the method of fixing.
5. That the acoustic properties are maintained by the avoidance of gaps, including gaps due to shrinkage or thermal movement.
6. Easy replacement of parts following accidental or wilful damage.
7. Security of components and nature of materials used to discourage wilful damage.
8. Maintenance access is provided at appropriate location.

Noise barriers achieve their effect by interrupting or blocking the direct path between the sound source and the receiver. The barrier may also reflect the noise. This will increase the noise for the people living on the opposite side of a road up to 6 dB when there are reflecting surfaces on both sides of a road. Therefore, noise barriers have to be absorptive.



8.2 Technical demands

The noise barrier has to be built from self-supporting elements. These can be stacked easily in between steel posts (HEA160). The elements exist of special profiles that are provided with a profiled aluminium plate at the outside and a perforated profiled aluminium plate at the inside of the panel. The dimensions of these perforations are: 5 mm diameter and 8 mm distance between centrelines. The aluminium plate can be ALMN1MG0, 5H26, Stucco.
In between the aluminium plates has to be a water resistant, fire proof, and noise absorbing material like rock wool. De mineral wool has to have ventilation of minimal 20 mm at both sides. The characteristics of this wool are:

- Rockwool, 60 mm, 100 kg/m³
- black covering fleece
- fire proof according DIN 4102, class A1.
- Length specific flow resistance: AF > 50.

The connection of the panels to the steel posts has to be a click system. The drainage of rainwater requires drainage channels at the ends of the panels. In order to seal properly the elements and the steel posts rubber strips have to be placed on the panels. The rubber has to be 60 ± 5, Shore A.
The barrier shall be constructed to the line and grades specified with the tolerance of ±10 mm. The post shall be plumb within a tolerance of ±10 mm in 5 m. Sound “leaks”, due to holes, slits, cracks, or gaps through or beneath a noise barrier should be avoided.
Efforts should be spent at design and construction stages to avoid holes, slits or gaps, either with the adjoining panels, along the bottom edge or gaps for road traffic signs, lighting poles, fire hydrants, construction joints or expansion joints. In figure 2 a schematic representation can be seen of an example of a noise barrier which is based on panels like the ones described above.

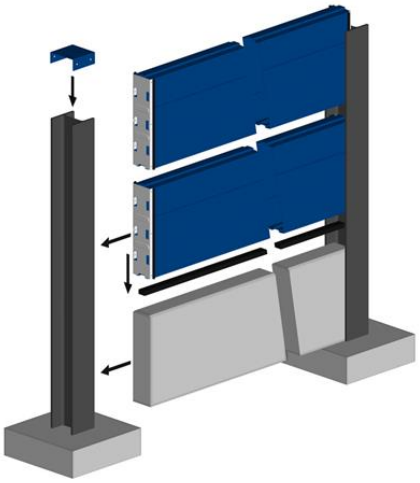
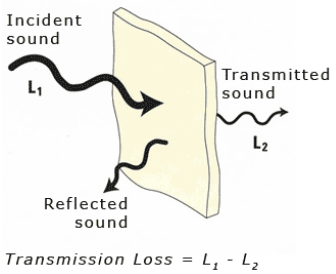


Figure 3. *Schematic representation of a barrier made from panels*.

8.3 Acoustical demands

8.3.1 Transmission loss



For acoustical purposes, any material may be used for a barrier between a noise source and a noise receiver as long as it has a Transmission Loss (TL).of at least 10 dB(A) greater than the desired noise reduction (i.e. Insertion Loss (IL). This ensures that the only noise path to be considered in the acoustical design of a noise barrier is the diffracted noise path, i.e. the path over (or around) the barrier. The TL of a continuous barrier should be 25 dB or higher according ISO 1793-2.
A material surface density of 10 kg/m2 is typically sufficient for low barriers (< 2 m) and 17 kg/m2 for higher barriers. The TL should be measured according ISO 1793-2 in a reverberation chamber. However, if the material surface density is 40 kg/m2 or higher, no measurements are necessary. The TL of the emergency doors should not be more than 5 dB(A) lower than the TL of the barrier.

8.3.2 Absorption

The (weighted) absorption coefficients have to be better than 0,8 at frequencies which are significant in the traffic noise spectrum. In general, the peak traffic noise frequencies lie between 500 – 1.500 Hz. The absorption has to be determined according ISO 1793-1 in a reverberation chamber. The absorption should be 13 dB or higher according ISO 1793-1. The absorption can be measured in situ according the same set-up as for low noise pavements.

9 INSTALLATION AND CONSTRUCTION

9.1 Footing

The footing shall be founded on undisturbed soil at the design embedment length as required but shall be minimal below freezing depth of the area. The founding surface shall be confirmed by a Geotechnical Engineer. All the soft spots to be removed and bottom of the footing protected from freezing. In case of solid rock encountered at a depth less than the freezing depth, foundation shall be carried minimum 300 mm in the rock. The concrete of footing shall be as follows:

- Minimum 28 days compressive strength to be 20 MPa.
- All site placed concrete to be protected from freezing and to be protected in excessive summer temperature from drying.
- The concrete in the footing shall be cured for a minimum period of 5 days before the installation of panels.

9.1.1 Footing in Earth

If drilled footing is used, it shall be cast entirely against undisturbed soil. Footing other than drilled caisson to be formed and the excavation shall be backfilled with granular material. The backfilled material to be compacted to 98% of the granular material.

9.1.2 Footing in Rock

When rock is encountered with in the excavation depth of the footing, the footing depth to be embedded minimum 300 mm into the solid rock.
All excavation into rock shall be back filled entirely with concrete. The excavation above the top of rock may be formed to the required dimensions and the remainder of the excavation backfilled with granular materials.

9.2 Access

Gates or gaps should be provided at about 200 m intervals to provide access for the maintenance of both the noise barrier and any planting behind the noise barrier. Where possible these access points should be located to provide access to any traffic control and communications equipment.
Where access point is to be provided for pedestrian but doors are not practical, then, another section of parallel barrier should be provided in front of the access point to avoid degrading of the acoustic

performance. One face of this barrier should be provided with absorptive materials to avoid multiple reflections between parallel barriers. The length of this additional barrier should be at least several times of the width of the gap/opening (3 – 4 times).

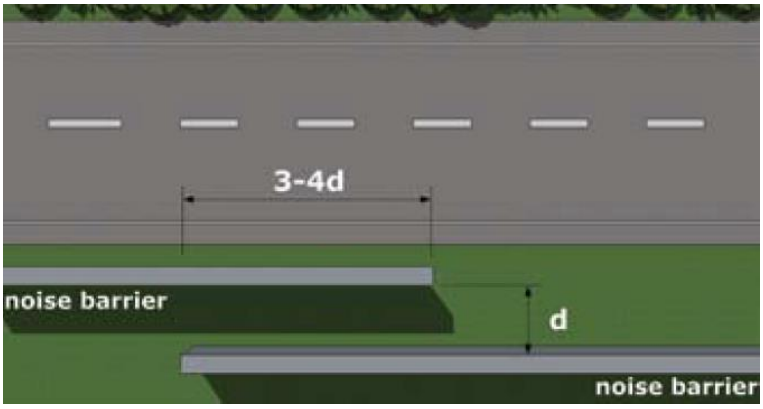


Figure 4. *Relationship between openings in noise barriers*.

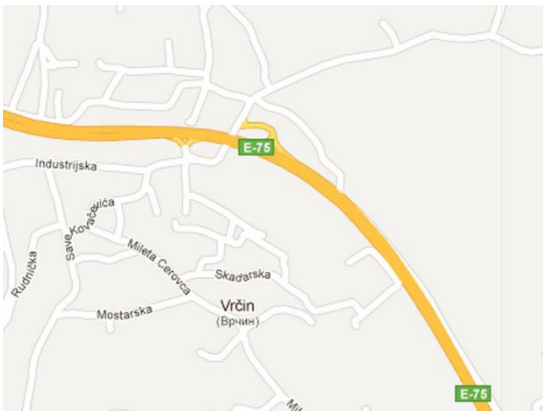
10, NOISE BARRIER VS LOW-NOISE PAVEMENT

In the guidelines the reducing effect of pavements and barriers can be determined simultaneously. The actual noise reduction of a barrier depends on the geometry of source-barrier-receiver. Therefore, a barrier does not have a fixed noise reduction. However, the effect of barriers can be combined with that of low-noise pavements.
If a low noise pavement is applied then obviously the noise barrier can be lower. In most software packages for calculated noise levels this is not a standard feature. VANKEULEN advies developed a tool (BARDODAN©) in which the acoustical properties of low-noise pavement and barriers can be interchanged easily and reversely. In the pilot this tool has been applied. In table 1 the results are presented.

Table 1. *The barrier height as function of the noise reduction [dB(A)] of the pavement noise reduction pavement*

noise reduction pavement	barrier height [m]			
	2	**3**	**4**	**5**
0	2,0	3,0	4,0	5,0
1	1,7	2,6	3,4	4,3
2	1,4	2,2	3,0	3,8
3	1,2	1,9	2,5	3,2
4	1,0	1,6	2,2	2,8
5	1,0	1,3	1,8	2,4

With the above table the total costs can be calculated for all barrier heights and the combination of low-noise pavement and barrier can be found.
Next to the E75 from 30 km from Belgrade at the Vrčin conjunction a noise barrier has been planned. The total length of the barrier is 1.136 m and the height is 6,5 – 7,0 m. In figure 9 a schematic representation of a part of the barrier can be seen.
Because the road section has doubled sided dwellings the barrier has to be absorptive according the guidelines. With the theory mentioned earlier in this chapter, the effect on the height of the noise barrier as function of the noise reduction of the pavement can be calculated. The results can be seen in figure 5.



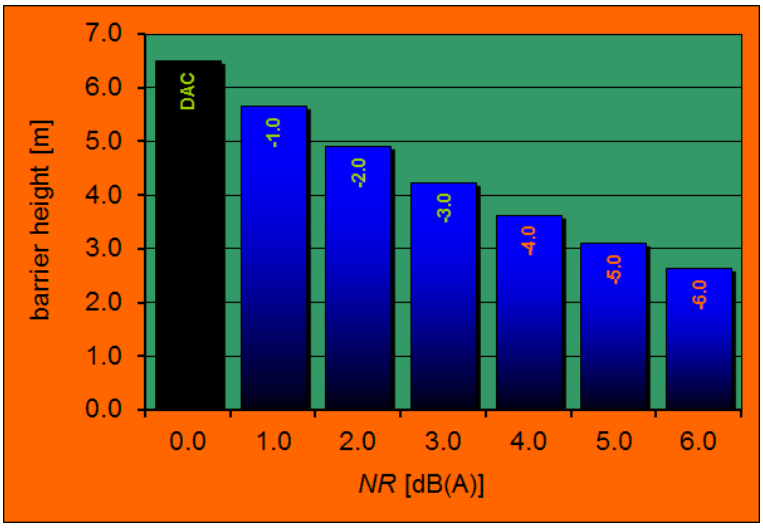


Figure 5. *The height of the noise barrier.as function of the noise reduction (NR) of the surface.*

From figure 5 it can be seen that applied a noise-reducing pavement with a noise reduction of 4 dB(A) the height of the barrier can be almost 3 m lower. This 4 dB(A) corresponds to the noise reduction of the standard noise reducing road type according the guideline.
If the (extra) costs of a low-noise pavement (for example 10 €/m^2) and the barrier (for example 250 €/m^2) are known, it is possible to calculate to total costs as function of the noise reduction of the low-noise pavements. The results for this pilot can be seen in figure 6.

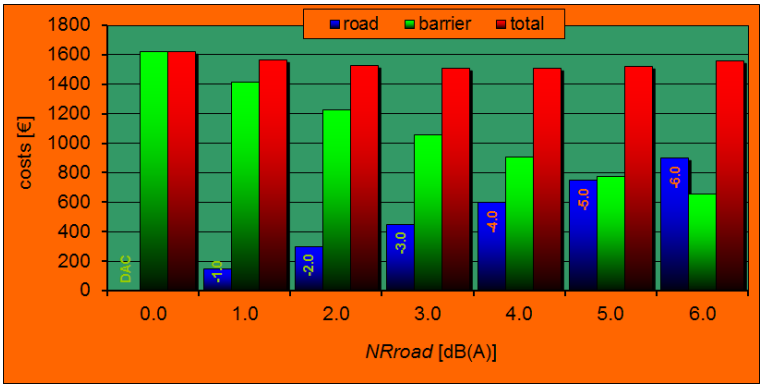


Figure 6. *Costs of low-noise pavements and barriers.*

From figure 6 it follows that with these assumptions the optimal noise reduction of the pavement is about 3 dB(A). One should bear in mind that the results depend largely on the applied cost functions.

References

[1] Inception Report, G2G short programme project for Serbia, G2G09/SB/5/5, “Reducing traffic noise in Serbia”, VKa.08hi10.11r015, 11 March 2011
[2] Technical Report, G2G short programme project for Serbia, G2G09/SB/5/5, “Reducing traffic noise in Serbia”, VKa.08hi10.11r053, 5 July 2011
[3] G2G short programme project for Serbia, G2G09/SB/5/5, “Reducing traffic noise in Serbia”, Guidelines, VKa.08hi10.11r100, 30 November 2011
[4] Directive 2002/49/EC, relating to the assessment and management of environmental noise, 25 June 2002
[5] SRPS EN 1793-1, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 1: Intrinsic characteristics of sound absorption, 1 September 1997
[6] SRPS EN 1793-2, Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 2: Intrinsic characteristics of airborne sound insulation, 1 September 1997
[7] Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 3: Normalized traffic noise spectrum, 1 September 1997

[8] ISO 13472-1, “Measurement of sound absorption properties of road surfacings in situ – Part 1: Extended surface method”, 2002
[9] ISO 10534-1, “Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 1: Method using standing wave ratio”, 1996
[10] ISO/CD-11819-2, “Method for measuring the influence of road surfacings on traffic noise - Part 2: ‘The Close Proximity method’”
[11] ISO 11819-1, “Method for measuring the influence of road surfacings on traffic noise - Part 1: ‘The Statistical Pass-by method’”
[12] Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces, FEHRL Report 2006/02, 2006
[13] W. van Keulen en J. Schuddeboom, On the numerical effects of replacing silent roadtypes by non-silent roadtypes on roundabouts” 13th International Congress on Sound and Vibrations, Vienna 2006
[14] ISO 354, Acoustics -- Measurement of sound absorption in a reverberation room2003

UTICAJ IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH KORIDORA NA ZIVOTNU SREDINU, CASE STUDY E 75

mr Vukica Popadic Njunjic, dipl.građ.inž.
Louis Berger S A S
Milovan Bekric, dipl.građ.inž.
Koridori Srbije

Rezime: *U Republici Srbiji postoji niz Zakona, Pravilnika i Uredbi koji uređuju oblast izgradnje Infrastrukturnih Koridora, ali specifična problematika izgradnje puta i uticaja na životnu sredinu nije posebno definisana. Izrada Studije o proceni uticaja (Environmental Impact Assessment* ***– EIA****) projekta autoputa na životnu sredinu, u najopštijem smislu je proces u kome se identifikuju, analiziraju i procenjuju neželjeni uticaji na životnu sredinu pre donošenja odluke o izgradnji.*

Procena uticaja je deo svih faza procesa realizacije Projekata i alat za održivi razvoj. To uključuje proces odlučivanja, proces utvrđivanja značajnih uticaja i utvrđivanja prioriteta (sa posebnom pažnjom na pitanja uticaja na životnu sredinu kada postoje ograničeni resursi i kapaciteti) i proces planiranja (planovi, programi i strategije razvoja za rešavanje ili sprečavanje raznih ekoloških problema). Najbolja zaštita životne sredine u toku izgradnje Infrastruktornih koridora je još u fazi projektovanja, a od suštinske važnosti je usklađivanje trase sa prostorno-planskom dokumentacijom. Ova praksa je u Republici Srbiji u rutinskoj zakonskoj primeni.

U radu će biti prikazana procena uticaja na životnu sredinu i uloga javnosti i loklane zajednice na primeru izgradnje Autoputa E 75 od Niša do granice Makedonije. Generalno, deo trase prolazi kroz obradivo poljoprivredno zemljište i ima značajan uticaj koji se manifestuje kroz stalnu ili privremenu promenu namene korišćenja zemljišta i zagađenja istog u okolini autoputa.

Ključne reči: *Infrastrukturni Koridor, procena uticaja, javnost*

1. UVOD

Jedan od nacionalnih prioriteta za dostizanje održivog razvoja u Republici Srbiji odnosi se na zaštitu i unapređenje životne sredine, racionalno korišćenje prirodnih resursa i harmonizaciju EU Direktiva sa nacionalnim zakonodavstvom. Takođe, opredeljenje Republike Srbije za pristupanje EU podrazumeva suočavanje sa novim izazovima u pogledu zaštite životne sredine, gde privredni subjekti moraju biti ne samo nosioci ekonomskog razvoja već i aktivni partneri u realizaciji i pronalaženju najprikladnijih istrumenata i ekonomskih podsticaja za uspostavljanje održivog upravljanja životnom sredinom. Prilikom izgradnje velikih infrastrukturnih koridora zaštita životne sredine je svakako jedna od prioritetnih aktivnosti.

Koridor autoputa E 75, deonica II Vladičin Han – Levosoje, projektovan je neposredno u blizini reke Južne Morave i uglavnom prati korito reke. Planski osnov za izradu projektne dokumentacije za izgradnju autoputa E 75, Niš – BJR Makedonija, deonica II Vladičin Han – Levosoje, nalazi se pre svega u:

1. Prostornom planu Republike Srbije, Zakon o Prostornom planu RS (''Sl. glasnik RS'', br. 13/96),
2. Prostornom planu područja infrastrukturnog koridora Niš – granica Republike Makedonije sa elementima regulacionog plana (''Sl. glasnik RS'', br. 350-15267/2002-001),
3. Prostornom planu područja infrastrukturnog koridora Niš – granica Republike Makedonije, razreda autoputa E – 75 na nivou regulacionog plana za deonicu Vladičin Han – Levosoje (IAUS 2003 godine)

Izgradnja predmetne deonice infrastrukturnog koridora E 75 za Republiku Srbiju je od suštinskog značaja za integraciju prostora i razvoju okruženja koji će doprineti pozitivnom rešavanju socijalnih i ekonomskih problema. Izgradnjom ove deonice moguće je realizovati ciljeve Prostornog plana i strategije održivog razvoja Republike Srbije. Takođe, značajno je smanjenje negativnih tendencija u demografskim kretanjima u Južnoj Srbiji i smanjenju migracija stanovništva iz ovih krajeva, kao i smanjenju procesa metropolizacije Srbije. Međusobno usklađivanje lokalnih i regionalnih interesa kako u ekonomskom tako i u prostornom uređenju i zaštiti životne sredine, odnosno racionalnom i

održivom korišćenju prostora, doprineće bržem razvoju grada Niša i drugih regionalnih centara u istočnim i zapadnim delovima duž koridora.

2. ZAKONODAVSTVO REPUBLIKE SRBIJE

Ustavom Republike Srbije, ("Sl.glasnik RS", br. 98/06), (član 74.) je zagarantovano svakom pojedincu pravo na zdravu životnu sredinu *i pravo na blagovremeno i potpuno obaveštenje o njenom stanju. Svako je dužan da čuva i poboljšava životnu sredinu.* Pravo na informisanje o životnoj sredini tretira se kao jedno od osnovnih ljudskih prava - tzv. ljudsko pravo "treće generacije". [1]

Zakoni Republike Srbije vezani za zaštitu životne sredine, koji su usvojeni u periodu od 2004 godine do danas, usaglašeni su sa međunarodnim sporazumima usvojenim u okviru Ekonomske komisije Ujedinjenih nacija za Evropu (UN ECE) i propisima Evropske Unije. Ovi zakoni predstavljaju korak napred ka primeni osnovnih principa međunarodnog prava o pristupu informacijama, učešću javnosti i pristupu javnosti administrativnim i sudskim postupcima. Ovim Zakonima se garantuju prava javnosti i definišu obaveze nadležnih organa u pogledu dostupnosti informacija, učešća javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu po pitanjima vezanim za zaštitu životne sredine.

Zakon o zaštiti životne sredine, ("Sl.glasnik RS", br.135/04, 36/09 i 72/09), definiše i konkretizuje podele odgovornosti za stanje i unapređenje životne sredine i određuje nadležne subjekte: *"Sistem zaštite životne sredine, u okviru svojih ovlašćenja, obezbeđuju: Republika; autonomna pokrajina; jedinica lokalne samouprave;* ***preduzeća,*** *druga domaća i strana pravna lica i preduzetnici koji u obavljanju privredne i druge delatnosti koriste prirodne vrednosti, ugrožavaju ili zagađuju životnu sredinu; naučne i stručne organizacije i druge javne službe; građani, grupe građana, njihova udruženja, profesionalne i druge organizacije".* [2]

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br.135/04, 80/05 i 36/09), uređuje postupak procene uticaja za projekte koji mogu imati značajne uticaje na životnu sredinu. Procena uticaja na životnu sredinu (*Environmental Impact Assessment – EIA*) je instrument preventivnog upravljanja sistemom zaštite životne sredine. To je proces u kome se sistemski, holistički i multidisciplinarno obezbeđuje određena informaciona osnova o svim identifikovanim značajnim uticajima na životnu sredinu, pre donošenja odluke o realizaciji. EIA je sastavni deo svih faza u realizaciji Projekta, počev od projektovanja, uključujući i proces odlučivanja, proces utvrđivanja prioriteta i proces planiranja, kao i faze izgradnje i monitoring već izgrađenog objekta. EIA je jedan od osnovnih alata za održivi razvoj. [3]

3. CILJEVI STUDIJE O PROCENI UTICAJA (EIA)

U zakonodavstvu EU i Republike Srbije postoji veliki broj raznih uputstava i smernica za izradu EIA. Sve zemlje EU imaju za cilj promociju održivog razvoja koji je moguće ostvariti sistematskim, holističkim i multidisciplinarnim pristupom i delimično i kroz glavne ciljeve EIA, kao što su:

1. da obezbedi donosiocu Odluke sve informacije o stanju životne sredine pre donošenja odluke o početku bilo kakvih aktivnosti na Projektu;
2. da osigura uzimanje u obzir efekata koji imaju značajan uticaj na životnu sredinu, tj. da predvidi i izbegne, minimizira ili nadoknadi negativan uticaj biofizičkih, socijalnih i drugih relevantnih efekata u svrsi razvoja;
3. analizira alternativna rešenja i predloge koji mogu različito da utiču na životnu sredinu;
4. zaštiti kapacitet prirodnog sistema i ekoloških procesa koji podržavaju tu funkciju;
5. promoviše održivi razvoj, optimalno trošenje prirodnih resursa i prednosti upravljanja;
6. spreči potencijalnu moguću štetu po životnu sredinu i zdravlje ljudi postavljanjem zahteva za sprovođenjem alternativnih rešenja i mera za ublažavanje štetnih uticaja;
7. da da javnosti na uvid razloge i pojašnjenja za odobrenje nekog projekta koji značajno utiče na životnu sredinu;
8. obezbedi konstantnu komunikaciju između nosioca projekta i svih zainteresovanih strana i
9. promoviše i podstakne veće učešće zainteresovane javnosti u procese odlučivanja i doprinese podizanju nivoa svesti o značaju zdrave životne sredine.

4. ŠTA JAVNOST IMA PRAVO DA ZNA

Zakonska regulativa Republike Srbije definiše veći broj pojmova koji su od značaja za pristup informacijama o životnoj sredini. Pojam javnost [2] - ***"Javnost"*** jeste jedno ili više fizičkih ili pravnih lica, njihova udruženja, organizacije ili grupe. Pojam zainteresovana javnost [2] - ***"Zainteresovana javnost"*** čini javnost koja utiče ili može uticati na plan ili program, odnosno koja ima interes u donošenju odluka koje se odnose na zaštitu životne sredine, uključujući nevladine organizacije koje se bave zaštitom životne sredine i koje su evidentirane kod nadležnog organa.

Informacija od javnog značaja koja se odnosi na životnu sredinu, jeste informacija kojom raspolaže organ javne vlast, koja je nastala u radu ili u vezi sa radom organa javne vlasti, koja je sadržana u određenom dokumentu, a odnosi se na sve ono što javnost ima ***opravdani interes*** da zna. ***Opravdani interes*** javnosti postoji i kada se radi o informacijama kojima raspolaže organ vlasti koje se odnose na ugrožavanje, odnosno zaštitu zdravlja stanovništva i životne sredine [4].

Nosioci Projekta imaju pozitivna iskustva kada je u pitanju "uključivanje i uticaj javnosti" u uspostavljanju dobre saradnje sa lokalnim stanovništvom na koje utiče Projekat, i to je jedna od prioritetnih aktivnosti na svim infrastrukturnim Projektima. Pitanja koja se odnose na vremenski period kada je najbolje uključiti zainteresovanu javnosti i na koji način, kroz veliki broj realizovanih javnih rasprava, došlo se do nekih konkretnih odgovora:

- rano povezivanje sa zainteresovanim stranama daje najbolje rezultate
- ekskluzivnost
- transparentnost i poštenje
- nezavisna saradnja (kontakti)
- specijalni napori za marginalizovanje pojedinih zainteresovanih strana
- pristupačnost
- povratne informacije i priznanja (pohvale)
- poštovanje i pravednost
- efikasnost

Identifikacijom i analizom zainteresovanih strana dobijaju se odgovori na konkretna pitanja: ko zavisi od projekta; ko ima interesa da se projekat ne realizuje; ko će uticati na projekat; ko će biti zahvaćen (pogođen) projektom i kako; ko će raditi protiv projekta. Na osnovu svih ovih pitanja i odgovora radi se karta zainteresovanih strana. Za Investitore, odnosno nosioce Projekta, je svakako najvažnije definisati one zainteresovane strane na koje će realizacija projekta imati najveći uticaj i gde će oni imati najveći interes.

5. EIA – SEKTOR IZGRADNJE

Neposredni uticaji na životnu sredinu izgradnje velikih infrastrukturnih objekata obuhvataju sve one uticaje koji se na raspoloživom nivou znanja mogu sagledati kao direktan odnos izgradnje i eksploatacije saobraćajnice i njenih materijalnih posledica na životnu sredinu. Pitanja koja su specifična za sektor izgradnje i izvođenja građevinskih radova, a koja treba da budu obuhvaćena projektom EIA, podeljena su na šest podgrupa.[5]

Generalna/opšta pitanja
Da li je projekat u skladu ili protiv internacionalnih sporazuma i konvencija; povećava ili smanjuje upotrebu obnovljivih prirodnih resursa; uključuje metode vezane za razvoj u skladu sa održivim razvojem; vrši izbor materijala čiji je uticaj na životnu sredinu mali; identifikuje grupe ljudi i ekosistema koji su posebno izloženi uticajima projekta; uticaj alternativnih rešenja u dugom vremenskom periodu; razmene informacija i koordinacije između centralnog i lokalnog nivoa za održivi razvoj u saobraćajmom sektoru; cost-benefit analiza; sadržaj i elemente za monitoring?

Uticaj projekta na ljude
Uticaj na životne uslove lokalne populacije; rešavanje i razvoj ekonomskih i socijalnih pitanja i kretanja ljudi unutar novog životnog prostora zahvaćenog projektom; uticaj na grupe u socijalnom pogledu; uticaj na sadašnje korišćenje prostora i prava vlasništva; procena rizika; procena rizika na zdravlje ljudi; buka?

Uticaj projekta na kulturnu okolinu
Mapiranje kulturnih vrednosti i plan njihovog korišćenja i prevencije; uticaj Projekta na arheološka nalazišta i istorijska vrednost lokacije; uticaj lokacije na etničko-nacionalno značenje; način prevencije i održivog korišćenja starih ili vrednih zgrada i starih građevina; uticaj na specifične vrednosti, uključujući i kulturni pejzaž; ograničenje pristupa za korišćenje kulturnog okruženja; dokumentovanje originalnih vrednosti kulturne okoline koje mogu biti uništene ili promenjene na određeni način?

Uticaj projekta na biodiverzitet
Način korišćenja ili način značajnih promena prema osetljivim ekosistemima; povećanje prirodnog biodiverziteta za promociju i zaštitu biljnih ili životinjskih vrsta; uvođenje novih vrsta u prostor gde one prirodno ne pripadaju; postavljanje barijera i promena prirodnih puteva migracija za životinje i širenje alohtonih biljnih vrsta.

Uticaj projekta na zemljište, vodu i vazduh
Balans zemljanih masa i mogućnost korišćenja jalovine u građevinske svrhe. Povećava ili smanjenje obradive površine i manja infiltraciju kao posledica odgovarajućih poljoprivrednih metoda; povećanje ili redukcija rizika od erozije; uzima u obzir topografiju, vegetaciju, metode kultivacije i njihovo učešće u raspodeli prostora; štetnosti po zemljište, kao rezultat mehaničkih aktivnosti; uticaj na kvalitet podzemnih i površinskih voda; opis funkcionisanja drenažnog sistema; pristup površinskim i podzemnim vodama na lokalnom ili regionalnom nivou; rizik od smanjenja nivoa podzemnih voda ili zagađenja u toku implementacije projekta; emisije gasova ili prašine koja može uticati na kvalitet vazduha.

Uticaj projekta na upravljanje otpadom i hemikalijama
Razvoj mera za zbrinjavanje bilo kog građevinskog otpada i drugih vrsta otpada koji se mogu reciklirati ili na bezbedan način odložiti u životnu sredinu; korišćenje toksičnih materijala koji nisu degradibilni; rizik od hemikalija ili opasnog otpada koji može biti raširen slučajno izvan prostora zahvaćenog projektom; upotreba hemikalija ili opasnog otpada, rizik po zdravlje ljudi?

Indikatori
- procentualni udeo reciklabilnih materijala koji se koristi za izgradnju
- količinu i vrstu otpada koji se generše u toku gradnje
- stepen recklaže generisanog otpada u toku izgradnje
- deo sredstava namenjen upravljanju otpadom
- potrošnja neobnovljivih prirodnih resursa
- potrošnja energije

6. CASE STUDY E 75 – DEONICE KOJE FINANSIRA SVETSKA BANKA

Međunarodne finansijske institucije i organizacije, kao što su Svetska banka, Evropska banka za obnovu i razvoj, Evropska investiciona banka i druge, obavezale su se da će promovisati zaštitu životne sredine i održivi razvoj u okviru svih svojih investicionih aktivnosti i aktivnosti tehničke saradnje i pružati lični primer odgovornog poslovanja.

Svaka finansijska institucija je sopstvenim normativnim aktima definisala uslove koje treba da ispunjava projekat za finansiranje iz sredstava navedene finansijske institucije. Za Projekte koji se finansiraju od strane Svetske banke obavezana je preliminarna procena i katregorizacija projekta kao i strogo praćenja uticaja vezanih za zaštitu životne sredine i socijalnih pitanja. Svi ovi zahtevi se preispituju i neophodno je da ispunjavaju sledeće uslove:

- da stvaraju dodatnu vrednost tj. da su održivi
- da doprinose održivosti sa aspekta socijalnih pitanja i pitanja zaštite životne sredine
- da doprinose poštovanju prava radnika i lokalnih zajednica na koje utiču
- da su koncipirani i sprovedeni u skladu sa važećom međunarodnom regulativom regulativom i dobrom praksom
- da imaju tranzicijski doprinos

Od strane Svetske banke, projekat ''Autoputa E 75 od Niša do granice Makedonije'' je ocenjen kao projekat A kategorije - ''Environmental Category A''. Projekat ovog tipa može da ima značajne negativne uticaje na životnu sredinu i/ili socijalna pitanja koja se ne mogu odmah prepoznati ili proceniti. Relevantna dokumentacija Svetske banke na osnovu kojih je ocenjen predmetni projekat je:

1. OP 4.01. Procena životne sredine (OP - Operativna Politika)
2. OP 4.04. Prirodna staništa
3. OP 4.12. Raseljavanje
4. OP/BP4.11. Kulturni resursi

Postupak procene uticaja na životnu sredinu i socijalna pitanja je integrisan u generalni postupak ocene projekta, što uključuje procenu finansijskih i reputacijskih rizika, i prepoznavanje mera za unapređenje zaštite životne sredine i socijalnih pitanja. Procena je usklađena sa vrstom/prirodom i obimom projekta, i proporcionalna opasnostima i posledicama.

U prethodnom periodu od strane Nosioca projekta urađene su Studije o proceni uticaja na životnu sredinu za sve deonice autoputa E 75 i na iste je data saglasnost, odnosno Rešenje od Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije. Učešće zainteresovanih organa, organizacija i javnosti upotpunosti je implementirano kroz ceo postupak izrade Studije i u praksi je potpuno realizovano.

Takođe, kao viši nivo projektne dokumentacije urađen je Projekat zaštite životne sredine koji obuhvata tehničke mere zaštite, koje su definisane predlogom mera zaštite kroz Studiju o proceni uticaja. Kroz tehničke mere zaštite vrši se kvantifikacija negativnih uticaja u toku izgradnje, koji su privremenog karaktera, kao i u toku eksploatacije koje su trajnog karaktera.

7. MONITORING U TOKU IZGRADNJE

Monitoring parametara životne sredine precizno je definisan EMP-om (Environmental Management Plan) koji je sastavni deo Ugovorne dokumentacije. Monitoring se odnosi na uticaj izgradnje autoputa na kvalitet vazduha, vode, zemljišta i buke u zoni izvođenja građevinskih radova u blizini naseljenih područja.

Monitoring planom je definisano: faza radova u kojoj se vrši određeno praćenje uticaja; koji parameter treba pratiti; mesto/lokacija gde treba pratiti određeni parameter; kakav je parameter koji treba da se prati/vrsta opreme za monitoring; kada parametar treba pratiti/učestalost merenja ili konitinuirano; razlog zašto parameter treba da bude praćen i čija je to institucionalna obaveza, odnosno ko je odgovoran za realizaciju.

Pre početka radova Izvođač je dostavio svoj Plan zaštite životne sredine (The Environmental Project Plan - EPP) koji je zapravo deo Plana zaštite životne sredine i bezbednosti na radu (HSE Management System). Ovi Planovi su usaglašeni sa zahtevima EN ISO 14001:2004 sa kojim je Izvođač usaglašen i sertifikovan. Ovi Planovi sadrže i Planove ublažavanja uticaja (Mitigation Plan) i Plan Monitoringa (Monitoring Plan) koji su sastavni deo Ugovorne dokumentacije.

8. PROBLEMI KOJI NISU BILI PREPOZNATI KROZ PROCES EIA – SWOT ANALIZA

Građevinski radovi na Autoputu E 75 od Niša do granice Makedonije, deonica II Vladičin Han - Donji Neradovac (26.00 km) počeli su marta 2012 godine. Glavni problemi sa kojima su se suočili učesnici u izgradnji mogu se podeliti na sledeće grupe:

1. Projektna dokumentacija – jedan deo projekata je urađen na podlogama koje nisu bile ažurirane u smislu ''nultog stanja'', vremenski tajmnig njihove izrade nije bio adekvatan, kao i nedovoljno terenskih istraživanja. Sve ovo je bio dovoljan razlog za značajna odstupanja i probleme tokom izvođenja radova;
2. Eksproprijacija pojedinih parcela i objekata na njima, u zoni infrastrukturnog Koridora nije bila blagovremena i kompletna iz najrazličitijih razloga. Poseban problem je bila dodatna eksproprijacija koja je usledila prema zahtevima vezanim za izmene i dopune glavnog projekta;
3. Nedostatak adekvatne projektne dokumentacije za izvorišta materijala odgovarajućeg kvaliteta u odnosu na potrebne projektovane količine, kao i nedostatak adekvatne projektne dokumentacije za stalne ili privremene deponije/odlagališta neadekvatnog (uglavnom zemljanog) materijala koji se ne može koristiti za izradu nasipa, a iskopan je na trasi;
4. Neusaglašenost/odstupanje projektne dokumentacije sa stanjem na terenu za izmeštanje postojeće tehničke infrastrukture koja obuhvata elektroinstalacije, instalacije vodovoda i feklane kanalizacije i telekomunikacije vodove. Poseban problem predstavljaju podzemne

instalacije gde su značajne neusaglašenosti i koje su dovele do niza problema u toku izvođenja radova;

5. Nedostatak rešenja kroz eksproprijaciju i projekat za kontrolisano odvođenje površinskih voda ka recipijentu, u ovom konkretnom slučaju ka reci Južnoj Moravi, tako da imamo vrlo negativan uticaj projekta na pojedina starosedelačka domaćinstva i njihovu imovinu, odnosno obradivo poljoprivredno zemljište, voćnjake, vinograde i vrtove.

8.1. SWOT ANALIZA

SNAGE	SLABOSTI
- Urađena Studija o proceni uticaja - Rešenje o saglasnosti nadležnog Ministarstva - Projekat tehničkih mera zaštite životne sredine (ali ne i za zatvoren sistem odvođenja površinskih voda sa kolovoza) - EMP sastavni deo Ugovorene dokumentacije - Izvođačev Plan zaštite životne sredine - Redovan monitioring parametara ŽS od strane Izvođača - Redovan monitioring parametara ŽS od strane nezavisnog konsultanta - Projektovani zidovi za zaštitu od buke - Projektovani prolazi za životinje - Upotrebne dozvole za rad asfaltne i betonske baze Izvođača radova - Nadzor nad sprovođenjem Planova zaztite ŽS od strane Inženjera i nezavisnog Konsultanta - Obezbeđena finansijska sredstva od strane WB - Stabilno političko okruženje	- Hroničan nedostatak materijala za izgradnju aptoputa – pesak, šljunak, zemljani material za nasip - Nerešene lokacije izvorišta materijala - Nerešeni svi imovinsko pravni odnosi u zoni infrastrukturnog koridora - Sporost administrativno pravnog sistema prilikom rešavanja sporova/pritužbi vezanih za eksproprijaciju - Istorijska i arheološka nalazišta u zoni Koridora - Problem hroničnog nedostatak podataka vezanih za kvalitet životne sredine – neprekidno utvrđivanje ‘’nultog stanja’’ - Konflikt između postojećeg kanalizacionog sistema i sistem odvodnjvanja u zoni Koridora - Konflikt između postojećih elektrovodova u zoni Koridora (10kWh, 35 kWh I 110 kWh)
MOGUĆNOSTI	**PRETNJE**
- Zahtevi za promenu tehnologije građenja, odnosno zamene određenih neobnovljivih materijala, reciklabilnim - Zaštita obradivog poljoprivrednog zemljišta od poplavnih talasa - Popravka postojećih lokalnih puteva - Izrada mreže novih lokalnih puteva - Reciklaža građevinskog otpada, pre svega otpadnog asfalta I betona - Analiza podataka od strane Inženjera i praćenje stanja životne sredine sa preporukama za poboljšanja - Rekultivacija i promena namene zemljišta na pozajmištima i deponija materijala - Promena namene površina u zoni regulacije reka u zoni Koridora – zone za rekreaciiju - Formiranje baze podataka za nova istraživanja i analize (voda, vazduh, zemljište, buka) - Kompletna remedijacija i rekultivacija devastiranih površina u zoni izgradnje Koridora u najmanje prvobitno stanje ili promena namene za druge aktivnosti (sport, rekreacija,……)	- Zagađenje obradivog poljoprivrednog zemljište i vodotokova u zoni Koridora - Nedovoljna terenska istraživanja posebno vezana za faunu (lovna područja-rezervati divljači) - Nerešene lokacije za deponovanje viška materijala sa gradilišta (zemljani material + građevinski otpad) - Sekundarni negativni uticaji igradilišta (gradilišni putevi) - Negativan uticaj na postojeće saobraćajno opterećenje i povećavanje intenziteta saobraćaja u okolini gradilišta (devijacije) - Potencijalno zagađenje površinskih i podzemnih voda u slučaju akcidentnih situacija zbog otvorenog sitema odvodnjavanja na autoputu - Uticaj miniranja na objekte i lokalno stanovništvo - Zone sa lošim geoteničkim svojstvima (klizišta) - Zone za vodosnadbevanje Nedostatak finansijskih sredstava za: - razvoj infrastrukture u neposrednoj okolini AP - za dodatnu eksproprijaciju van granica Glavnog projekta - za piritehnički nadzor - za dodatna arheloška istraživanja - izradu prolaze za životinje i monitoring istog

9. ZAKLJUČAK

U rešavanje nasleđenenih i tekućih problema vezanih za zaštitu i unapređenje životne sredine, svi učesnici u izgradnji moraju dati svoj doprinos kako bi se minimizirali negativni uticaji u fazi izgradnje i eksploatacije infrastrukturnih koridora, a pre svega racionalno i održivo upravljanju prirodnim resursima i informisanje i uključivanju zainteresovane javnosti u procese donošenja odluka.

Negativne posledice u fazi izgradnje najviše se manifestuju na lokalne zajednice u zoni Koridora, a takođe, uticaji na životnu sredinu ne prepoznaju državne granice, tako da je neophodna i međudržavna saradnja, obaveštavanje i konsultacije u vezi sa projektima i objektima koji mogu imati negativan prekogranični uticaj na životnu sredinu. Zbog svega gore navedenog, zaštita životne sredine mora da ima ne samo svoju lokalnu i regionalnu komponentu, nego i sasvim objektivan globalni značaj.

Koridori Srbije d.o.o žele da na izgradnji Autoputa E 75 jasno pokažu svoj doprinos u zaštiti životne sredine putem kontrole uticaja svojih aktivnosti, proizvoda ili usluga. Smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu postaje jedan od glavnih principa poslovanja i ugrađen je u strategiju razvoja. Implementacija modela "zelenih javnih nabavki", uvođenje "zelenih tehnologija", projektovanje eko - inovativnih proizvoda i implementacija ISO Standarda 14001:2004 čine integralni pristup zaštiti i unapređenju životne sredine u Koridorima Srbije.

LITERATURA

[1] Ustav Republike Srbije, ("Sl.glasnik RS", br. 98/06)
[2] Zakon o zaštiti životne sredine**,** ("Sl.glasnik RS", br.135/04, 36/09 i 72/09),
[3] Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br.134/04, 80/05 i 36/09)
[4] Zakon o slobodnom pristupu informacijama od javnog značaja, ("Sl.glasnik RS", br.120/04)
[5] Sida, *Sustainable Develpment? Guidelines for the Review of EIA*, Stockholm 2003.46072, ISBN: 91-586-8612-6, p.59-62.
[6] Directive 97/11/EC, "EIA Directive"(1997)

ИСПИТИВАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ СТРУГАНИМ АСФАЛТОМ НА ДЕПОНИЈАМА

Марко Орешковић, маст.инж.грађ.
[1]*Грађевински факултет Универзитета у Београду, moreskovic@grf.bg.ac.rs*

Резиме: *Производња асфалтних мешавина на асфалтној бази обухвата низ поступака, почевши од депоновања, преко пројектовања мешавина, начина производње, па све до контроле квалитета. Уколико се додаје стругани асфалт у мешавину, посебно треба обратити пажњу на поједине поступке везане за производњу, од којих је један начин руковања струганим асфалтом. Један од циљева његове употребе је свакако уштеда материјала – како агрегата, тако и битумена, и са еколошког и са економског аспекта. У овом раду су приказане поједине смернице за испитивање и управљање струганим асфалтом на депонијама којима би требале да се воде произвођачи, како би производили мешавине скоро идентичних, па чак и бољих карактеристика од мешавина са новим агрегатом.*

Кључне речи: *асфалтна мешавина, стругани асфалт, депонија*

RAP STOCKPILES MANAGEMENT AND TESTING

Abstract: *Production of asphalt mixture on asphalt plants includes a series of procedures, ranging from stockpiling, through a mix design, methods of production, to quality control. If RAP[1] is added to the mixture, it should pay more attention to certain procedures related to production, one of which is way of the handling RAP. One of the goals of its use is certainly saving materials - both aggregate and bitumen, from the ecological and economic aspects. This paper presents some guidelines for RAP stockpiles management and testing which should be kept by manufacturers in order to produce a mixture of almost identical, or even better performance than a mixture with a virgin aggregate.*

Key words: *asphalt mixture, RAP, stockpile*

1. УВОД

Услед повећане потражње за агрегатом и битуменом, који се у природи налазе у ограниченим количинама, све више се тежи ка томе да се повећа употреба струганог асфалтног материјала у мешавинама.

Неколико фактора утиче на употребу *RAP*-а у коловозним конструкцијама, од којих су најзначајнији економска уштеда и заштита животне средине. *RAP* је корисна замена за нове материјале пошто смањује употребу новог агрегата и битумена који су неопходни за производњу асфалтних мешавина. Употреба *RAP*-а такође штеди енергију, смањује трошкове транспорта новог агрегата и што је најбитније, чува преостале ресурсе. Поред тога, употребом *RAP*-а се смањује количина грађевинског шута и не оштећују се необновљиви природни ресурси.

Циљ пројектовања врућих мешавина са додатком струганог асфалта је да се пронађе оптимални садржај истог и тако произведу мешавине које имају добре карактеристике у погледу замора, отпорности на колотраге и уопштено гледано, на дуготрајност мешавине. Такође, неопходно је испунити захтеве везане за запреминске карактеристике: садржај шупљина, садржај шупљина у минералној мешавини и обавијеност зрна битуменом [1].

Механичке особине мешавина по врућем поступку које садрже *RAP* се мењају са променом неговог садржаја. Уопштено је закључено да се крутост и отпорност на колотраге повећавају са порастом садржаја *RAP*-а. Крутост мешавине зависи од агрегата и гранулометријског састава, али најважнији фактор је крутост битумена у мешавини насталој мешањем нових и рециклираних материјала.

Постизање пројектне мешавине са прихватљивим механичким и запреминским карактеристикама захтева добро познавање карактеристика материјала који учествују у интеракцији између рециклираних

[1] *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) – Стругани асфалтни материјал*

и нових материјала. Два кључна фактора која имају важну улогу у томе су гранулометријски састав умешаног агрегата и карактеристике и мешање новог и рециклираног битумена [2].

Поступак увођења рециклираног асфалтног материјала у асфалтне мешавине произведене на базама са дисконтинуалним процесом производње није једноставан поступак. Да би се произвела квалитетна мешавина са додатком *RAP*-а неопходно је радити на томе још од тренутка доношења одлуке о томе који ће се слојеви стругати, преко начина обраде, депоновања, методе умешавања са новим агрегатима на асфалтним базама, па све до начина уградње и збијања.

Пошто је у питању комплексан процес, он захтева ангажовање радног особља које је, подразумева се, обучено да се бави тиме и довољно стручно да на основу испитивања материјала донесе одлуку о његовој примени у мешавинама и опрему која ће одговорити потребама за припрему квалитетног *RAP*-а (уређаје за испитивање, сита, дробилице, транспортере и др.).

2. УПРАВЉАЊЕ СТРУГАНИМ АСФАЛТОМ НА ДЕПОНИЈАМА

Количина струганог асфалта који се може додати асфалтним мешавинама се, између осталог, ограничава због варијабилности таквог материјала. У принципу, употреба великог процента може имати негативне последице на конзистентност асфалтних мешавина и због тога на карактеристике коловозних конструкција. Како би се обезбедила боља контрола варијабилности *RAP*-а, неопходно је да се поседује искуство у руковању депонијама и његовом обрађивању. Да би се то постигло, неопходно је поштовати следеће:

- спречити загађење депонија,
- гомиле са материјалом који потиче
- са различитих локација држати раздвојене једне од других што је могуће више,
- избегавати вишеструко дробљење (тиме се избегава појава финих фракција, мањих од 0.075 mm),
- смањити садржај влаге у *RAP*-у на депонијама и
- уколико *RAP* потиче са различитих локација или од различитих врста мешавина, обезбедити потпуно мешање пре обраде или дељења по фракцијама [3].

2.1. СПРЕЧАВАЊЕ ЗАГАЂЕЊА ДЕПОНИЈЕ *RAP*-а

Први корак у контроли квалитета *RAP*-а је спречавање његовог загађења. Утврђено је да је обрада/фракционисање *RAP*-а критичан корак у смањивању његове варијабилности. Треба напоменути да ће фракционисање само по себи бити од помоћи. Међутим, то неће решити проблем варијабилности, а ни остале проблеме. На пример, ако се изврши фракционисање једне загађене гомиле *RAP*-а, добиће се две загађене гомиле. Због тога ће и извођачи и инвеститори од самог почетка имати корист уколико спрече загађење депонија од непожељних материја.

Загађења могу бити проузрокована појавом самлевених геосинтетика који се користе у разним слојевима коловозних конструкција (тканине, влакна), бојама којима су цртане линије (беле или жуте), депоновањем уобичајених остатака са пута (прљавштине и биљке) и осталим отпадом, као што је нпр. грађевински отпад (бетон, арматура), земља, гуме и др. Слика 1 приказује екстреман случај депоније на којој су измешани бетон и арматурни челик са асфалтом, а слика 2 депонију загађену земљом. Треба спречити свако могуће загађење депонија како би се унапредили квалитет *RAP*-а, а тиме и карактеристике коловозних конструкција са истим материјалом.



Слика 1. *Депонија загађена бетоном и арматуром*
Извор: Зоу и остали [3]



Слика 2. *Депонија загађена земљом*
Извор: Зоу и остали [3]

2.2. РАЗДВАЈАЊЕ МАТЕРИЈАЛА КОЈЕ ПОТИЧУ СА РАЗЛИЧИТИХ ЛОКАЦИЈА

Увек је важно раздвојити депоније добијене складиштењем материјала са различитих локација као што је приказано на слици 3. У највећем броју случајева, неопходно је издробити или поделити по фракцијама материјале који потичу са познатих локације. Добро подељене депоније могу уштедети много времена и трошкова потребних за дробљење или дељење по фракцијама. У посебним случајевима, када се велике количине струганог материјала добијају са једног пројекта, увек је корисно да се тај материјал држи одвојено од осталих гомила на депонији.



Слика 3. *Раздвојене гомиле које потичу са различитих извора*
Извор: Зоу и остали [3]



Слика 4. *Стругани асфалт раздвојен по фракцијама*
Извор: Беувинг [4]

2.3. МЕШАЊЕ *RAP*-а ДОБИЈЕНОГ ГОМИЛАЊЕМ СТРУГАНОГ МАТЕРИЈАЛА СА ВИШЕ ЛОКАЦИЈА

Главни циљ обраде *RAP*-а добијеног са више локација је да се након њиховох мешања добије материјал уједначених карактеристика. Поступак мешања ретко кад спроводи пре него што се *RAP* издроби или подели по фракцијама. Тренутна пракса у појединим савезним државама у САД је да се депоније материјала који долази са више локација обраде тако што се користе багери који узастопно копају депоније и захваћени материјал убацују у машине за дробљење или фракционисање. Такав редослед често отежава праву сврху обраде депоније материјала који долазе са више локација. Због тога је битно да се *RAP* захвата насумично са гомиле, из различитих углова, како би материјал који се убацује у дробилицу или машину за фракционисање у било ком тренутку био адекватно измешан.

2.4. ОБРАДА *RAP*-а СА ДЕПОНИЈА

2.4.1. Млевење или дељење по фракцијама

Раније је много дискутовано о дељењу *RAP*-а по фракцијама, али тренутна пракса приликом његове обраде, нпр. у Америци, је да се сав материјал самеље на исту, максималну фракцију, која је у већини

случајева ½ in (12.7 mm) или 3/8 in (9.53 mm). У Србији би као максимална фракција могла да се усвоји величина зрна од 11.2 mm или 16 mm у зависности од врсте слоја који се дроби, као и од асфалтне мешавине у којој ће се тако добијен материјал користити.



Слика 5. *Преносива машина за фракционисање*
Извор: Вест [5]



Слика 6. *Фракције обрађеног RAP-а*
Извор: Вест [5]

За разлику од млевења, фракционисање је једноставније за поделу материјала на две или више фракција (на слици 6 је приказано неколико фракција). Фракционисани *RAP* се најчешће дели на крупне и ситне фракције. Депоније са крупним фракцијама ће садржати материјал који се задржава на ситима од ½ in или 3/8 in, док ће ситнозрне депоније садржати материјал који пролази кроз поменута сита. У поређењу са обичним дробљењем *RAP*-а, постоји неколико предности, али и додатних трошкова везаних за фракционисање. На пример, могућност употребе *RAP*-а издељеног по фракцијама обезбеђује пројектантима већу могућност да одаберу различито учешће ситнозрнијих и крупнозрнијих фракција *RAP*-а чијим би мешањем са новим материјалима постигли жељени гранулометријски састав, као и остале захтеве везане за запреминске карактеристике. Уопштено, лакше је користити *RAP* који има више фракција, него онај који је самлевен само на једну фракцију. На слици 4 је приказана депонија на којој је струган асфалт распоређен по фракцијама, а на слици 5 преносива машина која врши фракционисање обрађеног струганог асфалта.

2.4.2. Избегавање превише млевења

Због трошкова обраде и једноставности поступка, извођачима је лакше да сав струган материјал самељу на једну фракцију тако да се она може користити приликом производње завршних слојева асфалтних мешавина. Када се мељу велика зрна агрегата из *RAP*-а, може доћи до појаве великих количина превише ситних честица (или прашине која пролази кроз сито величине #200 – 0.075mm). Треба имати на уму да повећана количина финих честица често ограничава учешће *RAP*-а који се може користити приликом справљања мешавина. Теоретски, увек је боље самлети *RAP* на финију фракцију, како би се тиме лакше контролисала гранулометрија, и користити повећан садржај битумена, али у пракси, то није препорука. Из претходних искустава се може закључити да је пожељно избећи превише дробљења струганог материјала.

2.5. ЛАГЕРОВАЊЕ ОБРАЂЕНОГ *RAP-а* НА АСФАЛТИРАНЕ ПОВРШИНЕ ПОД НАГИБОМ

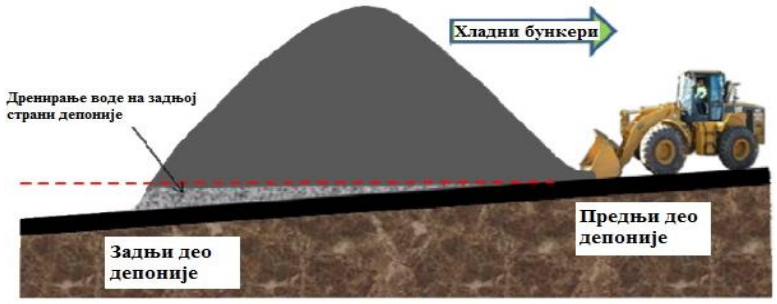
Други аспект руковања депонијама је складиштење обрађеног материјала. Уопштено је позната чињеница да *RAP* задржава воду, а у много случајева управо садржај влаге ограничава проценат који се може користити, смањујући тако укупни степен производње, а повећавајући трошкове сушења и загревања новог агрегата. Дакле, критично је и корисно смањити садржај влаге колиико год је то могуће више. Неколико мера се препоручује како би се смањио садржај влаге током лагеровања *RAP*-а и оне су наведене у наставку.

2.5.1. Упоређивање конусних и хоризонталних депонија

Када је стругани асфалт почео да се користи у знатнијим количинама, најпре се то вршило на ниским, хоризонталним површинама зато што је постојала бојазан да ће се високе, конусне површине сабити услед велике тежине. Међутим, то се није показало као исправна претпоставка, већ је у питању други проблем. Наиме, такве површине често задржавају већу количину влаге него високе, конусне депоније. Зато се долази до закључка да је много повољније користити конусне депоније за складиштење струганог асфалта.

2.5.2. Употреба асфалтираних, благо накривљених површина

Неки извођачи користе покривене, благо накривљене површине за депоновање *RAP*-а. Коришћење оваквих површина испод депонија не спречава само загађење земљишта, већ такође пружа чврсту површину помоћу које би се смањило расипање материјала. Када је површина на којој се налази гомила материјала под нагибом, приликом атмосферских падавина, вода ће се већим делом сакупљати на делу депоније супротном од оног где се материјал узима багером, чиме се сувљи материјал убацује у погон за производњу, као што је приказано на слици 7.



Слика 7. *Илустрација депоније која се налази на покривеној површини под нагибом*
Извор: Зоу и остали [3]

2.6. КЛАСИФИКОВАЊЕ И ОЗНАЧАВАЊЕ ГОМИЛА СА ОБРАЂЕНИМ *RAP*-ом

Погодно је да се обрађени *RAP* класификујЕ након што депоније почну да се праве на коначној локацији, а потом да се гомиле нумеришу или означе, као што је приказано на слици 8. У зависности од количине, потребно је минимум пет узорака са сваке депоније *RAP*-а како би се исти испитали пре него што се приступи пројектовању мешавина. Неопходно је забележити средње вредности и одговарајуће стандардне девијације садржаја битумена и гранулометријског састава. Да би се направила уједначена мешавина са рециклираним материјалом, стандардна девијација садржаја битумена и гранулометријског састава треба пажљиво да се прате. Са овим подацима извођачи могу направити процену о оправданости обраде и употребе *RAP*-а и тако побољшати операције везане за његову обраду.



Слика 7: *Прекривена депонија*
Извор: Беувинг [4]



Слика 8: *Означавање гомиле на депонији*
Извор: Зоу и остали [3]

Табела 1*: Предности и мане различитих поступака руковања RAP-ом*

Поступак	Могуће предности	Могуће мане
Употреба струганог асфалта без даље обраде	• Избегавање ломљења честица агрегата, што може да омогући већи садржај у мешавинама • Нижи трошкови обраде • Стругани материјали приликом обраде великих објеката могу имати уједначен гранулометријски састав и садржај битумена	• Неопходно је постојање више депонија за складиштење близу базе • Стругани материјали са појединих пројеката су различити, па када су посебне залихе на измаку, неопходно је да се пројектује мешавина са другим *RAP*-ом
Просејавање *RAP*-а пре дробљења	• Ограничење фракција које се дробе, што доводи до смањења појаве прашине	• Неколико јединица за дробљење и просејавање је неопходно подесити пре просејавања
Дробљење на једну исту величину	• Обезбеђивање добре униформности материјала који је добијен са различитих градилишта • Могу се стварати велике депоније потребне за годишњу производњу	• Појава већих количина прашине на депонијама, што може да ограничи количину која се може употребити у новим мешавинама
Распоређивање по фракцијама	• Коришћење у различитим фракцијама омогућава велику флексибилност приликом пројектовања мешавина	• Захтева више простора за већи број мањих депонија • Најскупља опција обраде *RAP*-а (трошкови фракционисања и додатни трошкови убацивања у хладне бункере). • Може доћи до нагомилавања одређене фракције уколико није добро уходана производња

Извор: Вест [5]

3. ИСПИТИВАЊА *RAP*-а ПОТРЕБНА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ МЕШАВИНА

Контрола квалитета *RAP*-а зависи од његовог начина класификовања и процента који он замењује у новој мешавини, као што је приказано у табели 2, и она се врши у зависности од количине која се употребљава у асфалтним мешавинама (табела 3), према препорукама појединих министарстава транспорта САД-а [6,7]. Како би се утврдиле карактеристике струганог асфалта, неопходно је утврдити основне и допунске карактеристике, као и карактеристике битумена.

Табела 2*: Захтевана испитивања током контроле квалитета*

Врста *RAP*-а који се користи приликом пројектовања	% *RAP*-а у новој асфалтној мешавини	Затевана испитивања
Класификован *RAP*	≤15	• Основна испитивања
	>15	• Основна испитивања • Допунска испитивања • Реолошка испитивања битумена
Некласификован *RAP*	≤15	• Основна испитивања • Допунска испитивања
	>15	• Основна испитивања • Допунска испитивања • Реолошка испитивања битумена

Извор: Извештај CC-505 [7]

Табела 3: *Препоруке за одређивање минималне фреквенције испитивања*

Испитивање	Минимална фреквенција испитивања
Садржај битумена	Једном на 750t
Гранулометријски састав	Једном на 750t
Проценат сломљених зрна	Једном на 750t
Запреминска маса крупних фракција	Минимум једном на 3000t или три пута по једној депонији
Запреминска маса ситних фракција	Минимум једном на 3000t или три пута по једној депонији
Максимални фактор губитка приликом микро-девал абразије[2] (%)	Минимум једном на 3000t или три пута по једној депонији
Заобљеност ситних зрна	Минимум једном на 3000t или три пута по једној депонији
Учешће пљоснатих и издужених зрна (само за *SUPERPAVE*[3] пројектовање)	Минимум једном на 3000t или три пута по једној депонији
Реолошке карактеристике битумена	Минимум једном на 3000t или минимум три испитивања по једном пројекту

Извор: Вест [5]

3.1. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

У основне карактеристике, које су и најучесталије, спадају:

- садржај влаге,
- садржај битумена,
- гранулометријски састав,
- проценат изломљених зрна,
- специфична запремина ситних и крупних фрација (за потребе пројектовања мешавине)

Поједини репрезентативни узорци *RAP*-а треба да се испитају како би се одредио садржај влаге, гранулометријски састав, проценат сломљених зрна и садржај битумена.

Испитивања неопходна за одређивање запреминске масе крупних и ситних фракција *RAP*-а треба да се изврше мешањем агрегата (добијених мешањем појединачних фракција добијених након екстракције битумена).

3.2. ДОПУНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Испитивања за опште особине треба вршити на мешавини новог агрегата и агрегата из *RAP*-а умешаној у односу који је усвојен за пројектовање мешавине.

Следећа испитивања треба спровести на тако добијеном узорку:

- максимални фактор губитка добијен приликом микро-девал хабања (%),
- стандардне методе испитивања за садржај шупљина у насутом стању (што зависи од процента дробљених и заобљених зрна, површинске текстуре и гранулације).

3.3. ИСПИТИВАЊЕ БИТУМЕНА

Битумен настао мешањем новог битумена и битумена из *RAP*-а има кључну улогу у погледу крутости мешавине. Крутост мешавина са *RAP*-ом је већа од обичних мешавина због веће крутости битумена

[2] *Micro-Deval Abrasion* – Опит помоћу којег се одређује отпорност агрегата на абразију у присуству воде.
[3] *SUPERPAVE* – Метода за пројектовање асфалтних мешавина развијена у Америци у којој се у пројекотвање укључује повезаност између битумена и агрегата, узимајући у обзир дејство околине и саобраћаја. Узорци се не набијају у Маршаловом, већ у жираторском набијачу.

услед старења. У многим студијама [8,9] је потврђено да мешавина са до 20% *RAP*-а не мења вискозитет битумена, али додавање већег садржај *RAP*-а изискује додавање мекшег битумена или подмлађивача (рејувенатора).

Када се врше реолошка испитивања битумена, умешани битумен мора да задовољи услове везане за пенетрацију и вискозитет захтеване класе. Пошто реолошке карактеристике битумена веома осцилују са променом температуре, реолошка класификација подразумева две кључне претпоставке:

- да се упореде различити битумени. Њихове реолошке карактеристике морају да се одреде на појединим референтним температурама.
- да се у потпуности карактерише битумен. Његове реолошке особине морају бити испитане на опсегу температура којима ће исти бити изложен током периода експлоатације.

4. ЗАКЉУЧАК

Како би се обезбедио стругани асфалт који ће се што ефикасније употребити приликом производње мешавина по вруће поступку, неопходно је следити смернице које се односе на руковање залихама на депонијама, од којих су кључне: 1) спречити загађивање депонија, 2) депоније држати раздвојене једне од других, 3) темељно промешати материјале које потичу са различитих локација пре фракционисања или обраде, 4) спречити превише обрада (тако се спречава појава финих честица), 5) користити покривене, нагнуте депоније приликом депоновања материјала, 6) нумерисати гомиле на депонијама, 7) редовно вршити потребна испитивања .

Очигледно је да поступак употребе струганог асфалтног материјала у новим мешавинама представља озбиљан процес којем је потребно посветити доста пажње како би се што ефикасније спровео у дело. Широм света, многе државе стимулишу инвеститоре и произвођаче да користе стругани асфалтни материјал у што већим количинама. Због тога је неопходно што пре започети са едукацијом особља, набавком одговарајуће опреме и модификацијом асфалтних база како би таква пракса заживела и у Србији.

Захвалност

Овај рад је подржан од стране Министарсва просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру технолошког пројекта ТР36017 под називом: „Истраживање могућности примене отпадних и рециклираних материјала у бетонским композитима, са оценом утицаја на животну средину, у циљу промоције одрживог грађевинарства у Србији“.

Литература

[1] Al Qadi I., Elseifi M., Carpenter S., *Reclaimed Asphalt Pavement – A Literature Review,*Research Report FHWA-ICT-07-001, Illinois, 2007.

[2] Hassan R., *Feasibility of Using High RAP Contents in Hot Mix Asphalt,* Proceedings of the 13th International Flexible Pavements Conference, Gold Coast, Australia, 11-14 October 2009

[3] Zhou F., Das G., Scullion T., Hu S., 2010. *RAP Stockpile Management and Processing in Texas: State of the Practice and Proposed Guidelines,* Report No. FHWA/TX-10/0-6092-1, Texas.

[4] Beuving E., *Asphalt re-use and recycling in Europe, an overview*, EAPA, 2012.

[5] R.C.West, 2010. *Reclaimed Asphalt Pavement Management: Best Practices,* NCAT Report.

[6] *Quality Control Manual for Hot Mix Asphalt for the Quality Control Quality Assurance Process,* 2009., Division of Construction, California Department of Transportation,State of California.

[7] http://www.th.gov.bc.ca/Publications/const_maint/contract_serv/standard_specs/SS505.pdf,приступљено 04.02.2014.

[8] Al-Qadi I.L., Carpenter S.H., Roberts G.F., Ozer H., Aurangzeb Q., Elseifi M. and Trepanier J., 2009, D*etermination of Usable Residual Asphalt Binder in RAP*, Research Report ICT-09-031, Illinois, 2009

[9] *Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Technician's Manual*, NCHRP Report 452, Washington D.C., 2001.

A-T FRAME PRECAST LINEAR CONSTRUCTIONS

Andrej Cvar , MSCE
City Studio d.o.o., EU, Slovenia, 1000 Ljubljana, Vurnikova 2, email – andrej.cvar@citystudio.si
Coathor for A-frame : Dimitrij Najdovski **,** MSCE
Coauthor for T-frame : Igor Stavrević, BSCE

Summary: A-frame and T-frame precast linear constructions were developed with a view to enable simple, quick and inexpensive placement of linear engineer constructions. These constructions are innovative because they do not require deep foundations and so they have only a minimal pressure on the underlying basis. Primarily they are used as noise protection barriers to reduce noise from motorways and railroads. Due to the simplicity of their constructions they can be also used on other building and engineering projects.

Keywords: large-scale linear constructions without foundations; simple precast engineering constructions, noise protection barriers

1. A-T frame - INTRODUCTION

Protecting the living environment from excessive levels of road noise is carried out in accordance with the EU acquits. Roadside noise barriers represent an active form of protection against excess levels of traffic noise. Fences are intensively carried out in the form of noise barriers since 1990 and during this time also structural barriers are making the development of new structural solutions like A-frame and T-frame.

When developing large-scale noise barriers we have encountered geologically problematic moor soils, where linear constructions should not require deep founding with buried foundations and with pilots. Since there were no existing solutions we have developed two systems of supporting constructions by applying a foundation plate, which is laid directly to the terrain. At the first sight solution appeared to be simple, but when we checked the stability with classic examination it became evident that the constructions without foundations are not enough stable.

By the aid of non-linear structural dynamic analysis we have proved that linear constructions are stable and we have also proved our results by carrying out a field test on a real benchmark. On the field test we have taken loading tests and measurements of stability of constructions and we have also verified non-linear calculations. The need of different constructions led us to the development of T-frame construction, which is made without the buried foundation.

We will present you the design of both precast linear constructions, results of non-linear structural interaction analysis, testing of stability and the possibility of using.

2. A-T frame PRECAST LINEAR CONSTRUCTIONS

2.1. Technical problem or why do we need A-T frame

The subject of this demonstration is linear precast construction in our case a noise barrier, meant to be set near the sources of noise, especially near roads and railroads, for the purpose of reduction of noise behind it and also for other engineering structures, which will be presented further in this text.

Technical problem tackled by A-T frame is how to design a noise barrier, which could ensure reduction of noise behind it, taking into account that the noise barrier needs to be constructed and, above all, dismantled and moved to another location quickly and easily without undertaking any additional and major constructional works like constructing a buried foundation, and at the same time taking into account that the noise barrier will be economically favourable and that it will exercise its function of noise protection within the prescribed values.

Known noise barriers intended for placement near the sources of noise (specifically along roads and railway lines) and for the purpose of reduction of noise behind it, consist of a pilot or adequately designed point foundations or continuous foundation set in the ground and of embedded upright pillars to which are attached noise protection panels of different shapes and sizes. Foundations and pillars intercept wind or snow loads and dynamic loads from traffic and so therefore have to be adequately designed. Regardless of whether it is a pilot, a point foundation or a continuous foundation, the building of this type of foundation is a

huge construction intervention in terms of economy and time. In order to comply with load and auto-frottage requirements, there are some restrictions in particular concerning the height of constructions of bearing components and the height of the barrier.

Because of growing traffic levels, there is a need for enlargement of the existing roads, particularly the motorways. In that case the existing, bur still adequate noise barrier needs to be removed and then a new barrier should be placed on a new location. It is also necessary to carry out a construction intervention that consists of demolition and removal of existing foundation and then a new foundation needs to be set on a new location. Besides that, when setting a deep foundation there often is a settlement problem at a specific place due to installation lines placed underground at the roadside, where there should be a noise barrier.

2.2. Technical solutions to precast line constructions

The described technical problem is resolved by newly designed precast construction that consists of the base or the base plate and of a pillar or of a supporting wall. The pillar part of the A-frame construction is designed as unclasped branch which is rigidly jointed. The pillar part or the stick carrier elements and the base or the base plate form a homogenous A-shaped carrier element. The neighbourhood carrier elements are separated and vertically stabilised by space bond or rigidly jointed with noise protection panel extending between two adjacent bearing components. T-frame construction is similarly designed from base plate and on it there is a monolithically designed supporting wall. Acoustic elements of T-frame constructions can be set on the supporting wall at the stage of development of the wall or can also be set on it later on.

For installation of this type of noise barrier the ground needs to be adequately levelled and the underlying basis, where there will be the supporting element, needs to be fortified with e.g. a layer of liner concrete without specific load-bearing requirements. Because of the large width of bearing area of the base plate the need for load capacity of the bearing surface is that small, that this construction can be set on every kind of terrain, even if it is not preliminarily consolidated! The successive supporting element, connected with neighbourhood carrier elements by a space bond or a panel, is set on the basis with foundation plate prepared this way. If there is a need for relocation of the noise barrier, the procedure of dismantling proceeds in reversed order. The installation and dismantling process of T-frame construction is even simpler, because the supporting construction and the acoustic element are manufactured as a whole. All the components of the dismantled noise barrier can be reassembled into a whole again.

All the construction elements of the noise barriers are prefabricated in the manufacture and are then assembled in a whole on the terrain through bond that can be dismantled without any additional treatments. The supporting elements made of reinforced concrete, steel or other carrier materials, reassure through their design, the interception of all forces produced specifically by the wind or the snowplough. In the meantime the noise protection is reassured by the plates made of any adequate acoustic insulation and absorbent material, which are positioned between the supporting elements. This ensures simplicity, ease of installation and of assembling of the noise barrier and at the same time does not require any additional work on-site.

A noise barrier intended for passages, as for example a maintenance passage and an escape passage, does not require additional or specifically for this purpose designed elements. The passages are realised by the way of placing the supporting elements – a part of the noise barrier is placed with a parallel shift to the basic line of the barrier and partly covered. In this way a smooth passage is ensured without reducing the anti-noise protection.

2.3. A-frame

Structural analysis of A-frame construction was carried out using the method of fluid - structural interaction CFD analysis. To prove the stability in extreme loads, the analysis was carried on the results of categorization of wind speed in Germany in accordance with EN 1991-1-4 standard, that was set on the occasion of one of the most violent cyclones Kyrill between the 27th and the 28th of March 2007. In that time the wind speed ranged between 25.3 m/s (Frankfurt) and 33.1 m/s (Dresden, Munich). The initial wind speed of 35 m/s for location of the noise protection panels included also for the need of determination of the load factor 1.96 in comparison with the speed of 25 m/s.

The dynamic factor of load and the flexibility of construction are taken into account with fluid - structural interaction convergence of auto-frottage deformation of construction. Structural analysis of construction of

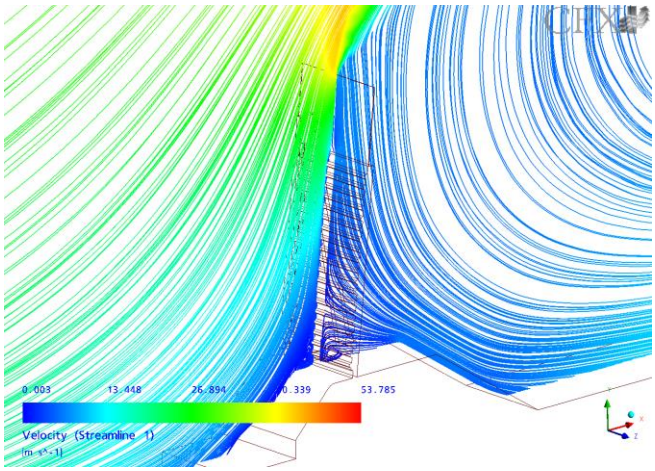
noise barriers was carried out with the non-linear huge deformation analysis taking into account the problem with contact in the plane of the basic ground.

Maximum value of wind speed load is 1.325 kN/m^2. The value is comparable to deemed values of PHO panel burden attestations.

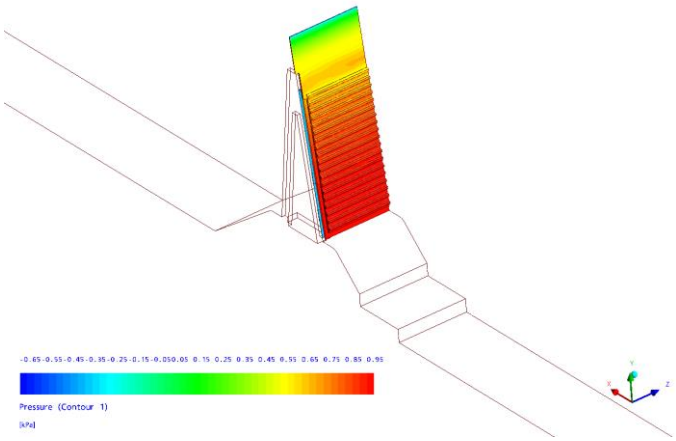
The results of fluid - structural interaction analysis reassure the stability of construction.

With tests, with measurements of deformations and movements of the construction accordingly to described analysis, we have proved the adequacy of our calculations confirmed by official results at the national certification institution – ZAG in Ljubljana.

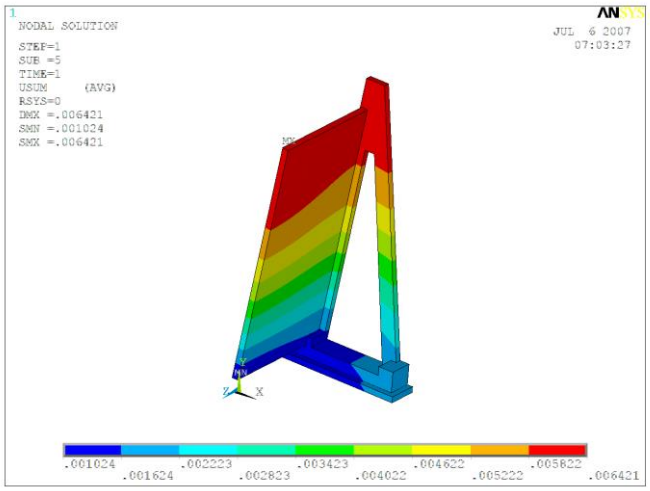
2.3.1 Presentation of research procedure of A-frame



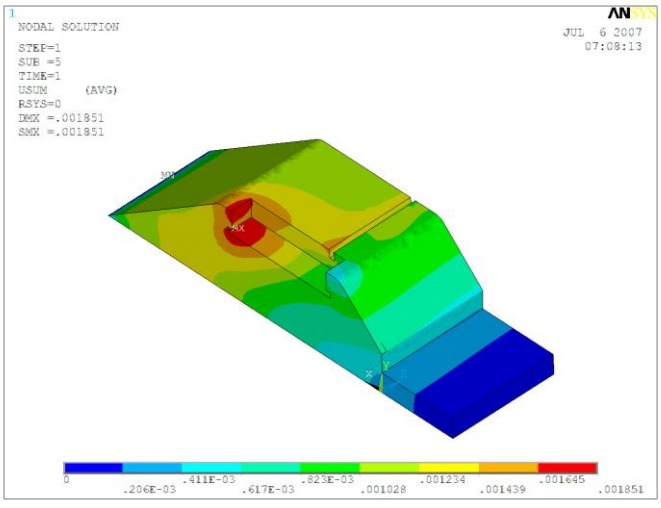
Picture 1. *Wind loads*
Source: FSD analysis



Picture 2. *Wind loads on construction*
Source: FSD analysis



Picture 3. *Deformation of A-frame*
Source: FSD analysis



Picture 4. *Deformation of basement*
Source: FSD analysis

2.3.2 Test field of A-frame



Picture 5 to 7. *Presentation of production and field tests of A-frame*
Source: Test field IBK Ljubljana



Pictures 8 to 9. *Demonstration of stability test of the A-frame model*
Source: Test field IBK Ljubljana

2.4. T-frame

One of the new structural solutions, which have been designed with a view to eliminating the drawbacks of known solutions, is T - frame. Known aboveground buildings used as noise barriers, are consisted of a series of separate and subsequent sections of coupled components. These components typically consist of segments of core segment carrier portion and selections noise barrier section. Assembling these segments is normally carried out directly on site noise barriers. This type of noise barriers are, because of height and exposure, complex structures. Whose formation is unfavourable both time as well as the entire point of view. Task A - frame - but it's designed to create a new modular building unit intended for installation above ground buildings, especially roadside noise barriers, which eliminates the shortcomings of the old solution.

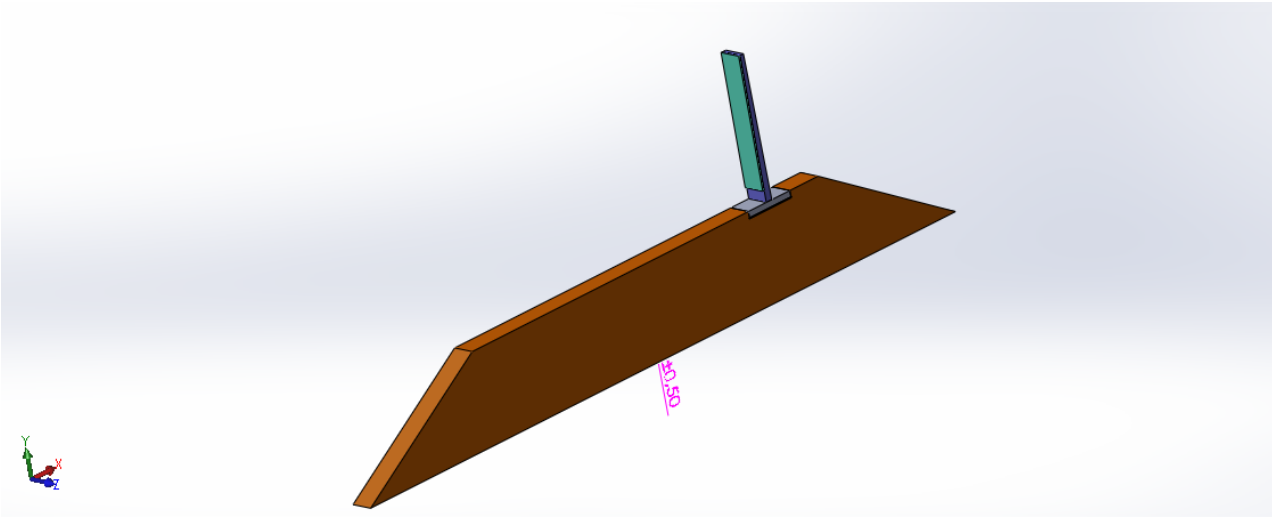
In order to have the opportunity verified the calculation of T - frame structure, we developed this study type calculation structure T - frame. In this report, we carried out the calculation for sound concrete fence. We used the absorption Phono - block noise panels. The basic structure is made of reinforced concrete slabs. The construction was designed from a single integral part in the form of a T. An integral part includes flange and rib. Flange was positioned vertically on rib, which was the base plate on the embankment.

Described structure was checked for critical loads with speed of 25 m / s. We used the method of fluid - structural interaction analysis and determine the basic design parameters that demonstrate the adequacy and stability of the T - frame system. The calculation was performed with the software Ansys, which was verified in primary patent design A -frame, where we conducted testing burden on the real structure and confirmed by official results at the national certification institution - ZAG.

The report shows how the different design solutions constructed in fermentation and in the stage of the calculation to optimize. The future subscribers' noise barriers can make sure they are familiar with on the content, scope and expected results calculated T - frame noise load-bearing structures.

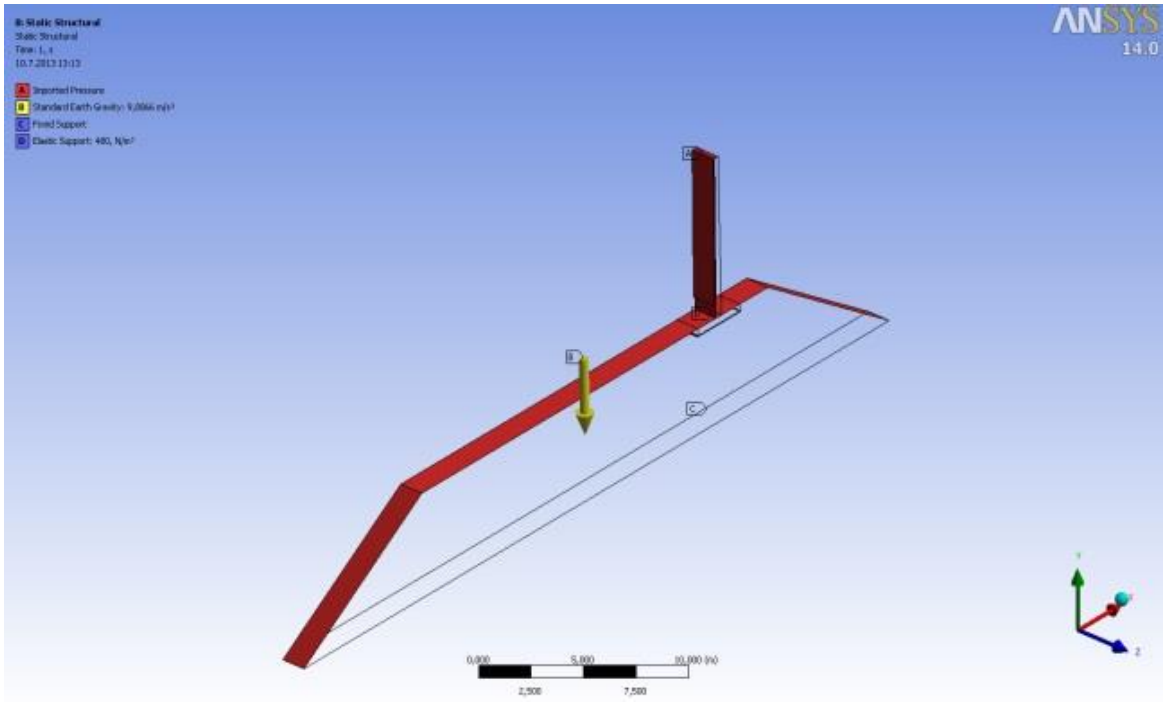
Stability of the structure was analyzed using the program Ansys Workbench 14.0. Construction, which was composed of reinforced concrete, was saddled with the wind. In addition to wind load at the same time, we also take into account its own weight of the structure. Structure was placed on a sand dike.

For the production model of the structure, we used the program Solidworks 2013.



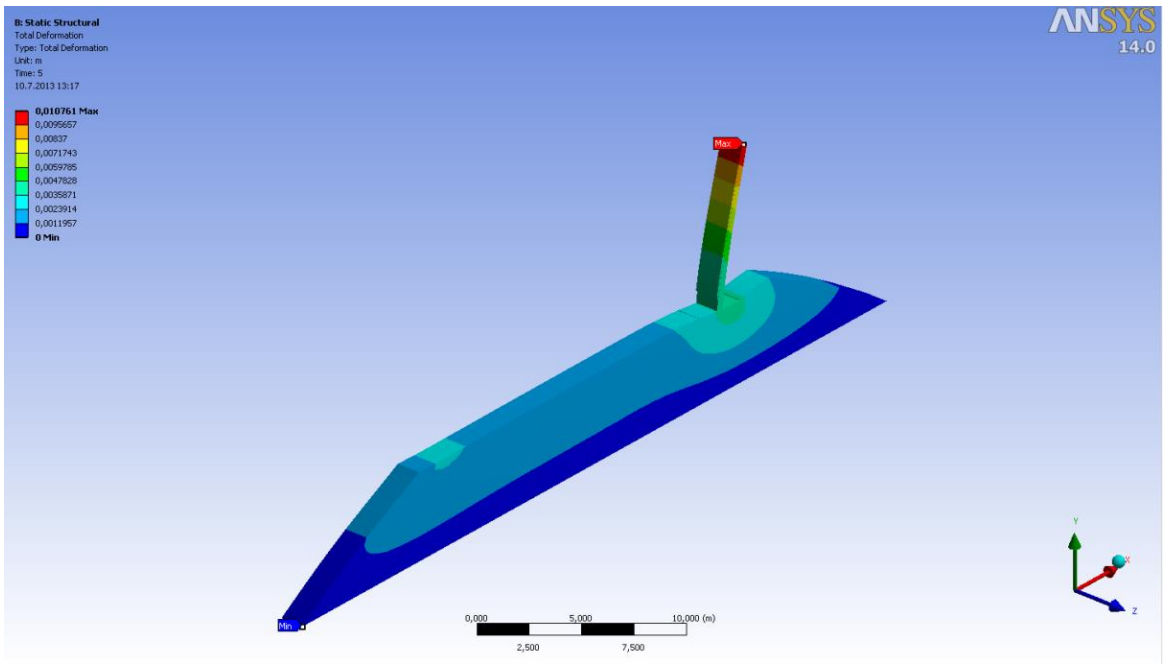
Picture 10. *Model T-frame*
Source: T-frame simulation City Studio Ljubljana

For stability analysis, we used fluid-structure interactive (FSI) method. In the calculations, we considered two load cases. Load cases were considered on the basis of standard EN 1991-1-4 Eurocode 1. To calculate the structure is significant wind loads, which has been calculated in previous studies. Wind speed was 25km/s in both cases. We only changed the direction of the wind load. The first load case was from the direction of the road or from the front of the structure. Wind load was 25m/s. In addition to the burden of the wind, we also take into account the weight of its own structure and soil.



Picture 11. *Model T-frame – first load case*
Source: T-frame simulation City Studio Ljubljana

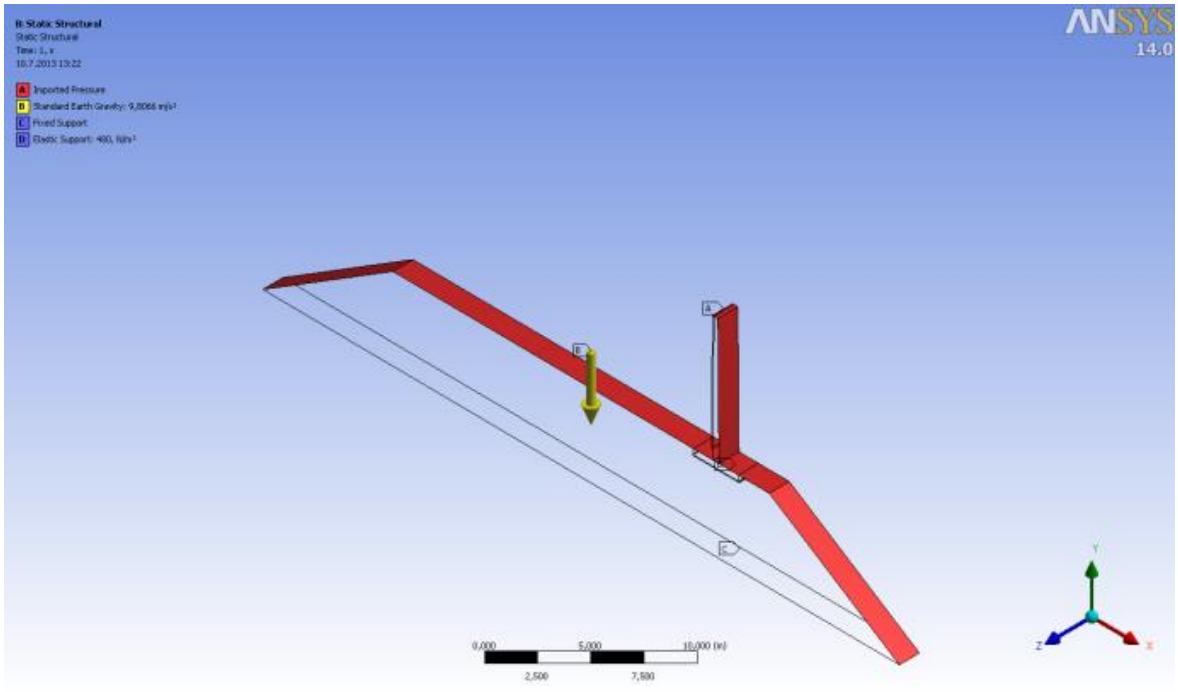
Based on this load and the self-weight structures were calculated deformation of the entire system, strain and stress intensities.



Picture 12. *Model T-frame – Strain intensity of the first load case*
Source: T-frame simulation City Studio Ljubljana

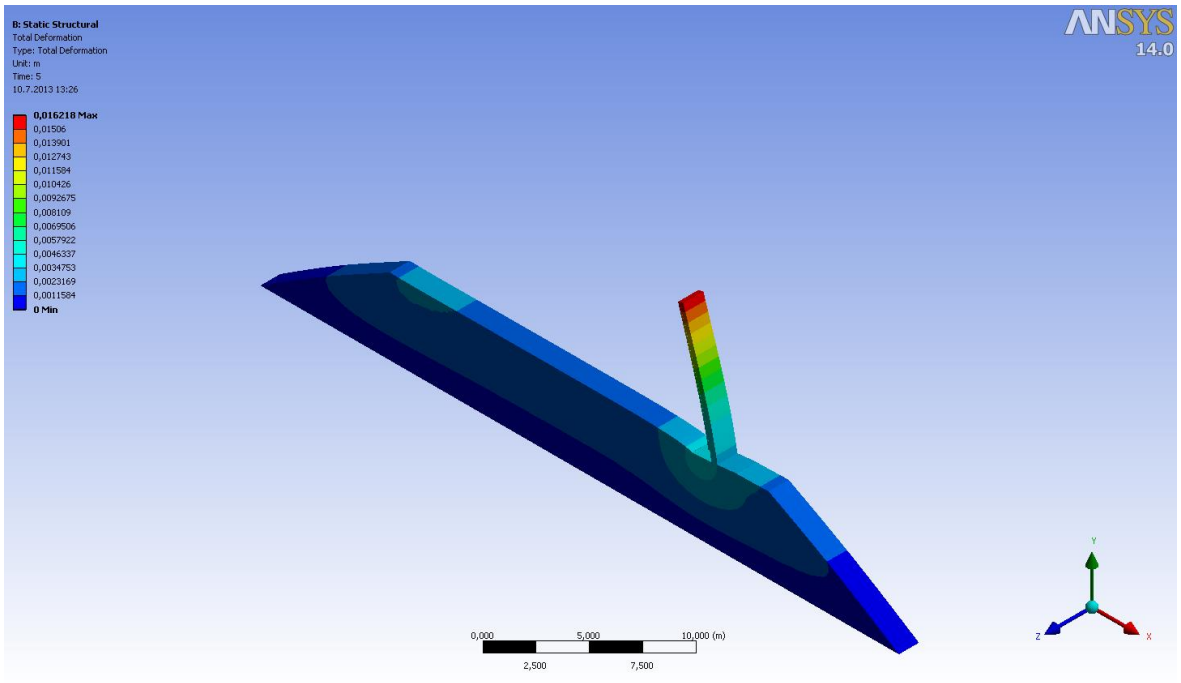
Maximum deformation was at the top of the structure. At the top of the structure is shifted by 1.1 cm. This was also expected, since this part of the structure bear the maximum load.

The second load case is taken into account wind direction, which is opposite to the direction in the first case. Now, we design burden from the back side.



Picture 13. *Model T-frame – The second load test*
Source: T-frame simulation City Studio Ljubljana

In the second case, the maximum deformation was 1.6 cm. This has also been in the top part of the structure.



Picture 14. *Model T-frame – Stain intensity of second load test*
Source: T-frame simulation City Studio Ljubljana

Based on the calculations, we can conclude that designed and modelled structure is stable. Less favourable load case is the other, since the strains and deformation in the second case are in most cases larger than in the first. Thus, the maximum strain of the whole structure is 1.6 cm for the second load case. On the basis of this and other results, it can be estimated that the construction is stable.

Construction, such as it is, is stable and may even be burdened with higher loads than 25m / s. This was proved to be when we loaded it with 30m / s and 40m / s. In both cases the construction was stable.

Also, trapezoidal ribs could be smaller, because the calculations showed that the constrictions with smaller rib sections are stable too.

On the basis of the calculations and their presentations, we can see that in both load cases, the most critical is contact between the ground and the basic foundation of the structure. This is logical because the way load acting on the structure.

Since small strains we may use smaller structural elements in the future.

2.5. A-T-frame – WAYS IT CAN BE USED

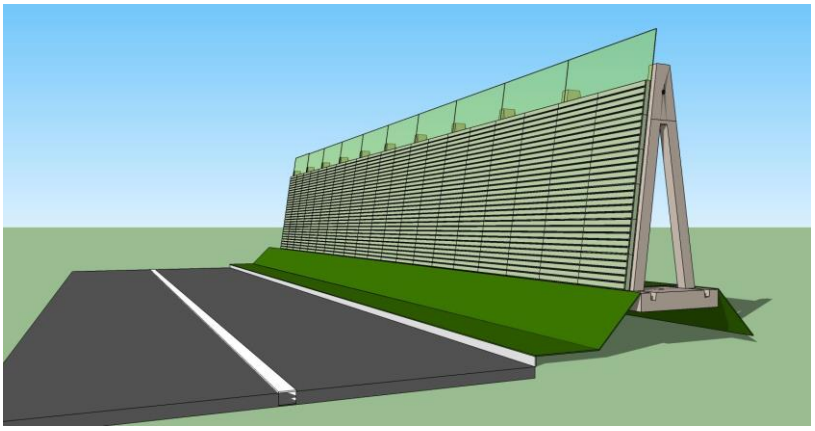
2.5.1 Noise Barriers

A-frame and T-frame noise protection constructions are ideal for implementation of prefabricated noise barriers along the roads and railway lines.

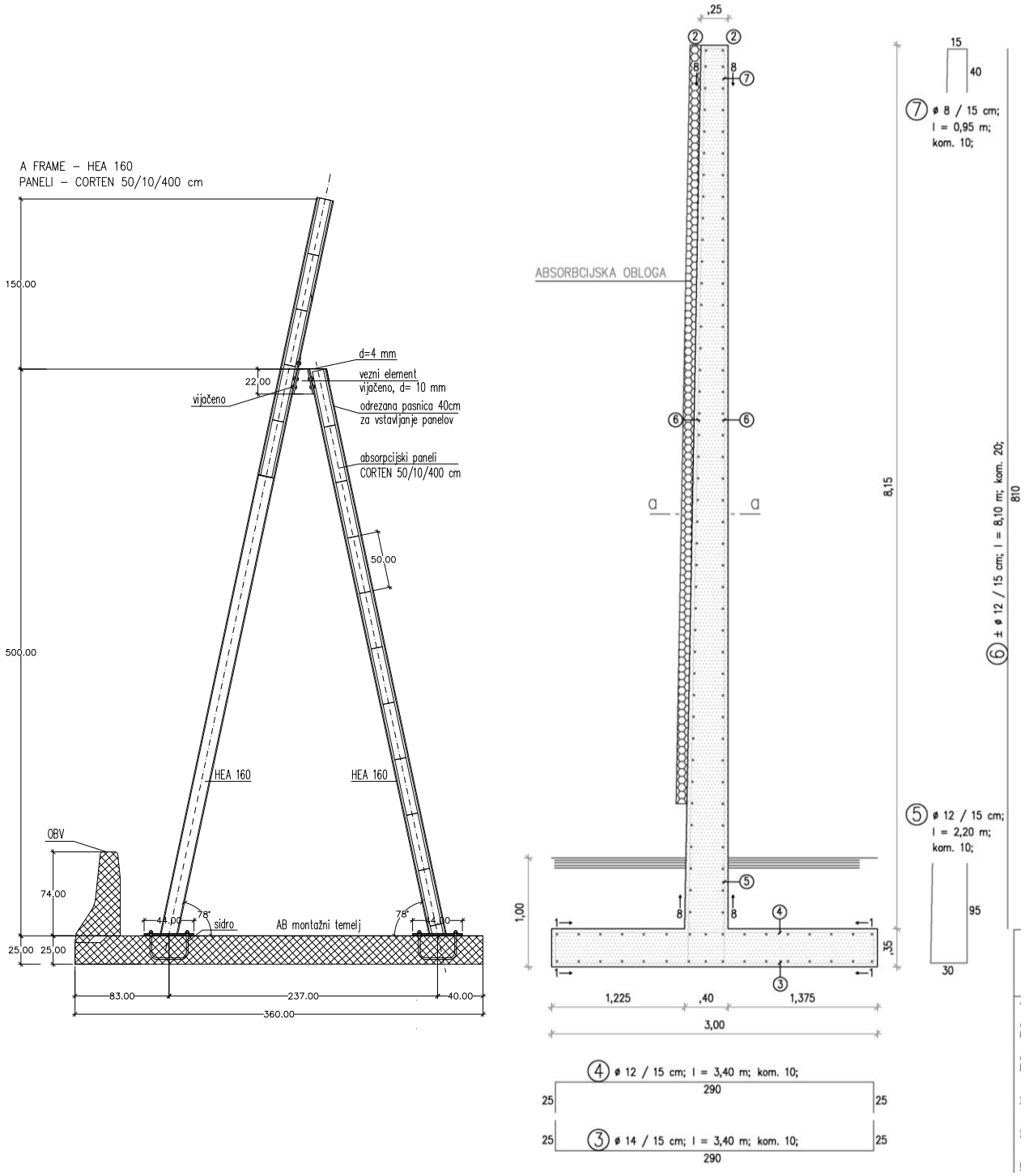
Constructions are made with concrete, steel or similar carrier materials for noise-protection panels – lightweight concrete, mineralised wood, clay aggregate, wood, metals, glass and other types of transparent materials, such as rubber and the like.



Here are several ways of how to use the described constructions as the noise barrier:



Pictures 15. and 16. *Model A-frame – Noise barriers in corten (upper) and wood (lower)*
Source: A-frame simulation City Studio Ljubljana



Pictures 17. and 18. *Model A-frame (upper left) –Noise barrier in steel structure and corten panels*
Model T-frame (upper right) –Noise barrier in concrete and mineralised wood panels
Source: Designs City Studio Ljubljana

2.5.2 Multi functional urban »dykes«

Innovative structural system A-frame and T-frame construction forms long linear spatial systems, which can act as sound barriers on busy roads and/or flood prevention measures to protect against destructive tidal or flood waves.

Barriers can be used to improve air quality besides reducing noise levels. Structures are stabile and can be high up to 15 m. Its large spaces can be additionally used as solar generators.

In large urban areas A-T frame structures can create linear urban parks and places for commuting on the quite side of the noise barrier.

Some sketches:





Pictures 19. and 20. *Model A-frame (upper left) –Test side IBK Ljubljana*
Model A-frame (upper right) –Noise barrier with linear park
Source: Designs City Studio Ljubljana

3. Conclusion – A-T frame as your future solution

An economical modular precast construction has designed based on more than 20 years of design and implementation experience. Two types of structural elements have been developed; both being used predominantly in civil engineering and architectural constructions – the A-frame and the T-frame.

Both design solutions are based on a similar idea – they do not require deep foundations. Structural stability is achieved by the width of the heel of the foundation plate. The base plate ensures minimal pressure on the underlying basis. Such solutions are suitable for implementation on bad bearing surfaces too. Structures can be even set directly on the terrain, avoiding both additional earth works and interfering with the ground, where excavation can damage underground utility lines. Extensive research calculation and tests has been made to achieve stabilities and functionalities of both constructions.

Constructions are made with concrete, steel or similar carrier materials in the factory. Elements should be transported from the production plant, placed on the ground and assembled. This ensures simplicity, ease of installation and prompt on-site implementation. The overall cost is lower than current structural solutions.

We believe that knowledge we add in development and implementation and our additional services can bring many additional benefits to your current work as the innovative the effective solutions. Both design solutions

offer comparative advantages such as lower cost, ease of manufacturing, quick and easy installation, and minimum requirements for the preparation of the terrain and foundations, as well as durability throughout its lifetime period.

Thanks to co-authors of A-frame in T-frame

I would like to thank the co-author of this solution Mr Dimitrij Najdovski, MSCE, who helped this work with his open minded scientific approach and gave it a global note by help in design, development and finding the ways on the use of A-frame construction. I also thank him for help with the simulations and test calculations.

My thanks also go to the co-author of T-frame system Igor Stavrević, BSCE, for the introduction of technological approach in simulations and for the calculations that led to the constructional solution and to the highly scientific optimisation and rationalisation.

Управљање путевима

Road Management

5

TEHNIČKA REVIZIJA POSLOVANJA I REALIZACIJE PROJEKATA U AGENCIJAMA ZA PUTEVE

Doc. dr Igor Jokanović, dipl.građ.inž.[1]
Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica
Dragana Zeljić, dipl.građ.inž.
Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet
Žarko Grujić, dipl.građ.inž.
Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet

Rezime: *Tehnička revizija se u okviru projekata koje finansiraju međunarodne finansijske institucije pojavila tek u poslednjih deset do petnaest godina kao specifičan vid kontrole tokom realizacije infrastrukturnih projekata. Pri tome je značajan deo ovih aktivnosti usmeren na super-kontrolu kvaliteta izvedenih radova. Međutim, kao poseban vid tehničke kontrole se pojavljuje ocena efektivnosti, integriteta i transparentnosti aktivnosti koje obavljaju agencije za puteve. Cilj ovog posla je da omogući agencijama za puteve, odgovarajućim ministarstvima i vladi, kao i međunarodnim finansijskim institucijama koje podržavaju sektor puteva da provere ispravnost ulaganja, upravljačkih aktivnosti i podrške organizaciji upravljanja, kao i uspostavljanje sistema za otkrivanje koruptivnih aktivnosti. U radu se prikazuju osnovne postavke tehničke revizije kompletnog poslovanja agencija za puteve i same realizacije projekata, odnosno izvršenja radova u skladu sa tehničkim uslovima.*

Ključne reči: *agencije za puteve, tehnička revizija, poslovanje, kontrola kvaliteta.*

1. UVOD

Putni sektor je važan sektor u privredi bilo koje države zbog uticaja na dobrobit svih građana, kao i samu infrastrukturu države. Kvalitet radova u bilo kom pogledu je jedan od bitnih aspekata bezbednosti i ekonomskog razvoja svakog društva. Ovaj značaj se dodatno naglašava činjenicom da sektor transporta ima glavnu ulogu u društveno-ekonomskom razvoju jedne zemlje jer omogućava pristup tržištima, proizvodnju, radna mesta, zdravstvene usluge, obrazovanje i druge socijalne usluge. Izgradnja, održavanje i popravka saobraćajne infrastrukture angažuju veliku količinu sredstava, koja može da iznosi i preko 15 % nacionalnog budžeta u različitim državama, i to vrlo često u nerazvijenim zemljama.

U sektoru puteva se uglavnom pojavljuje nekoliko bitnih problema u pogledu realizacije investicija, odnosno opštih delatnosti [3]. Prvi, a možda i najvažniji problem se tiče upravljanja vremenom, odnosno radovi izgradnje, rekonstrukcije ili rehabilitacije se skoro nikada ne završavaju u dogovorenom roku, što prouzrokuje kašnjenje koristi koje bi se mogle ostvariti za javnost. Drugi problem se odnosi na prekoračenje troškova, odnosno dodatne troškove iz različitih razloga, koji bi se verovatno mogli izbeći. Treći problem se odnosi na slabosti u sistemu kontrole kvaliteta radova na putevima što prouzrokuje ubrzan pad kvaliteta putne konstrukcije te su potrebne popravke i često viši nivo održavanja. Kada se generalno govori o samoj delatnosti upravljanja putevima, uglavnom se problemi pojavljujuju u načinu organizacije poslovanja i zamornim birokratskim procedurama, te greškama u postupcima nabavke, odnosno ugovaranja.

Lista potencijalnih rizika u upravljanju putnom infrastrukturom i realizaciji investicija obuhvata nekvalitetne materijale i radnu snagu, brzo propadanje putne konstrukcije, neopravdana plaćanja, dogovaranje ponuda između različitih strana, i dr. Ovakvi i slični rizici se u današnje vreme mogu otkriti kroz detaljne revizije poslovanja i realizacije projekata, što će kao rezultat prvenstveno imati odgovarajuće postizanje kvaliteta u samim radovima i obavljanju delatnosti, uz odgovarajuću uštedu novca, povećanje odgovornosti i smanjenje potencijalnih pravnih problema.

Dok tradicionalna revizija obično rezultira listom računovodstvenih pitanja, tehnička revizija je jedinstvena po tome što gotovo uvek donosi opipljivu korist. Čak i tokom realizacije malih projekata postoji tendencija gubitka ogromne količine novca usled nepoznatih faktora i gubitka na kvalitetu, a tehnička revizija omogućava ne samo da se povrate izgubljena sredstva, već pomaže i u sprečavanju budućih gubitaka, istovremeno obavljajući i analizu interne kontrole, računovodstvenih i organizacionih metoda [3]. Obično se tehnička revizija isplati sama za sebe, vraćajući uloženi novac kroz detaljan pregled dokumentacije i postupaka, i primenu preporuka za buduće aktivnosti. U srcu tehničke revizije postoje osnovne vrednosti transparentnosti, poverenja, poštenja i odgovornosti.

[1] Autor zadužen za korespodenciju: jokanovici@gf.uns.ac.rs

Prema napred navedenom, osnovni cilj provođenja tehničke revizije je ocena da li u sektoru puteva određene države postoji efikasan i efektivan sistem obavljanja poslova, pri čemu je težnja na ostvarivanju sistema koji bi minimizirao zakašnjenja i prekoračenja troškova, uz obezbeđenje visokog stepena kvaliteta. Generalno, tehnička revizija omogućava dobijanje odgovora na sledeća pitanja [3, 4]:

- Da li je projekat ili delatnost obavljena kako je planirano i u odgovarajućim rokovima?
- Da li postoje i u kojoj su meri zastupljeni problemi sa kašnjenjem, prekoračenjem troškova i kvalitetom, i koji su mogući uzroci problema?
- Da li postoje primenljivi sistemi putem kojih bi se analizirali i rešavali problemi sa kašnjenjem, prekoračenjem troškova i kvalitetom?
- Da li su originalni troškovi i nalozi za izmene pravilno klasifikovani, precizno rezimirani, dosledno tretirani i direktno se mogu pripisati određenom rezultatu, odnosno sredstvu?
- Da li su viškovi troškova razumni, dozvoljeni i raspoređeni u skladu sa uslovima ugovora?
- Da li su svi izdaci opravdani i da li se sva sredstva i rezultati mogu identifikovati?
- Da li je loše finansijsko upravljanje dovelo do značajnog smanjenja kapitala ili drugih negativnih trendova tokom projekta?
- Da li je proces nabavke radova, usluga i drugih elemenata konkurentan i pošten?
- Da li je projekat ili delatnost organizovana na način koji će obezbediti finansijsku i tehničku odgovornost, adekvatne komunikacije i pouzdanu evidenciju?
- Da li se u okviru realizacije poštuju originalna tehnička dokumentacija i zahtevi ugovora, regulative i uputstava?
- Da li vrednost završenog projekta odgovara ukupnim troškovima istog?
- Da li su koristi realizacije veći od troškova?

Finansijska revizija se isključuje iz oblasti zadataka tehničke revizije i uglavnom se obavlja od strane preduzeća specijalizovanih samo za finansijsko poslovanje. Pri tome treba imati u vidu da se finansijska revizija poslovanja u najvećem broju država regulatorno propisuje, dok je kod tehničke revizije upravo obrnut slučaj. Tehnička revizija je samo u malom broju razvijenih zemalja definisana kao obavezna, te je preduzeća uglavnom provode kao element samostalne provere i težnje za samounapređenjem.

Po pravilu, za obavljanje tehničke revizije se imenuje konsultantska kuća iz oblasti građevinarstva sa direktnim relevantnim iskustvom u eksploataciji puteva i objekata na putevima, održavanju, obnovi i razvoju, uključujući projektovanje, ugovore, nadzor, ispitivanja i ostala bitna tehnička područja. Napredne, odgovorne agencije najčešće poseduju i internu službu tehničke revizije, a samo povremeno (npr. u dvo- ili više-godišnjim ciklusima) angažuju eksternu reviziju, kao što je to npr. slučaj sa proverom usklađenosti kod sistema osiguranja kvaliteta. Međutim, za tehničku reviziju realizacije projekata skoro obavezno se angažuje eksterna revizija, pogotovo kada se radi o projektima u čije finansiranje su uključene međunarodne finansijske institucije.

Danas postoje dva tipa tehničke revizije, pri čemu se kao češća pojavljuje tehnička revizija realizacije pojedinačnih projekata. Drugi tip je tehnička revizija poslovanja koja obuhvata kompletnu reviziju aktivnosti upravljanja putevima u okviru jedne agencije za puteve, sa detaljnom analizom svih aspekata delovanja. Osnove revizije su praktično iste za oba tipa, s tim što se razlikuje obuhvat procesa.

2. TEHNIČKA REVIZIJA POSLOVANJA

Cilj preduzimanja tehničke revizije poslovanja je ocena efektivnosti, integriteta i transparentnosti aktivnosti koje obavljaju agencije za puteve. Imajući u vidu suštinu postojanja agencije za puteve, odnosno realizaciju upravljačkih aktivnosti na putnoj mreži, osnovni cilj revizije je osiguranje da korisnici puteva koji plaćaju takse za korišćenje puteva (prilikom registracije ili putarine), akcize na gorivo i ostale doprinose dobiju odgovarajuću vrednosti za uloženi novac (value-for-money). Agencija za puteve treba da snosi maksimalnu odgovornost za ostvarivanje ove vrednosti. Ovaj tip tehničke revizije, po pravilu, obuhvata sva polja delovanja agencije za puteve sa fokusom na:

- obavljanje poslova u okviru odobrenog programa troškova;
- provođenje nabavki u skladu sa odgovarajućim procedurama;
- izvršenje usluga uz dužnu profesionalnu odgovornost;
- obavljanje poslova u skladu sa tehničkim uslovima;
- definisanje tehničkih uslova sa dovoljnom detaljnošću kako bi se obezbedio dobar kvalitet radova;
- zadovoljenje standarda zdravlja, bezbednosti i zaštite životne sredine;

- pravedno rešavanje problema koji se odnose na poslove, uključujući rešavanje nesuglasica između izvođača i agencije za puteve;
- iskorišćenost raspodeljenih sredstava u skladu sa namenom i opravdanost upotrebljenih sredstava;
- ispunjavanje ciljeva delovanja i odgovarajućih profesionalnih standarda kroz opšte upravljanje aktivnostima od strane agencije za puteve;
- zadovoljavanje odgovarajućih standarda za sve ostale aktivnosti za koje je prigodno provesti tehničku reviziju.

Kao što se može uočiti, tehnička revizija poslovanja u jednom svom delu poseduje određene sličnosti sa finansijskom revizijom, ali uz nameru da dopunjava, a ne zamenjuje rezultate finansijske revizije. Zajedno sa detaljnim finansijskim informacijama, tehnička revizija omogućava potpuno razumevanje poslovanja, načine i pokazatelje izvršenja, tehničkih i tehnoloških osnova, procenu rizika i mogućnosti za poboljšanja [2].

Revizija se provodi u skladu sa svim standardima i normama za reviziju i sadrži sve verifikacije i kontrole koje revizor smatra neophodnim da bi se zadovoljili ovi standardi, pri čemu se ista obavlja na bazi slučajnog uzorka, sa ciljem da se obezbedi reprezentativan uzorak svih kategorija puteva u nadležnosti agencije za puteve, kao i aktivnosti agencije u oblasti eksploatacije i upravljanja puteva, radova održavanja, obnove i razvoja (izgradnje). Revizija pokriva aktivnosti koje se preduzimaju po ugovorima (radovi, usluge, dobra), ali i aktivnosti izvršene od strane osoblja zaposlenog u agenciji. Kao deo procesa, revizor može razgovarati sa odgovarajućim osobljem zaposlenim u agenciji za puteve, kao i osobljem izvođača, konsultanata, dobavljača kojima su dodeljeni ugovori i/ili učestvuju u realizaciji pojedinih aktivnosti, kako bi zatražio mišljenja po određenim pitanjima, ali ni u kom slučaju ne sme izdavati instrukcije i naloge tom osoblju ili pravnim licima.

Rezultati revizije se objavljuju u okviru izveštaja o tehničkoj reviziji poslovanja, uz poseban deo o nepravilnostima za svako identifikovano područje koje nije usaglašeno sa zahtevima, i dodatkom preporuka za popravku delovanja. U okviru izveštavanja je uobičajeno da agencija za puteve ima pravo da komentariše nacrt izveštaja, te revizoru dostavi određena razjašnjenja i komentare pre nego što se formira konačna verzija izveštaja.

U slučaju negativnog nalaza agencija za puteve, kao odgovorna organizacija, treba da preduzme sve mere koje su na raspolaganju za popravku načina izvršenja i rezultata. Pri tome su mere širokog opsega, od jednostavne korekcije postupaka i dokumentacije, do značajnih aktivnosti u načinu upravljanja ugovorima, kadrovskoj politici, pa i eventualnim pravnim merama.

2.1. Usklađenost sa odobrenim programom troškova

Revizor utvrđuje da li je svaka od aktivnosti identifikovanih kroz slučajno uzorkovanje sadržana i odobrena kroz program troškova i da li je ta aktivnost, na način na koji je obavljena, u skladu sa zahtevima i u duhu programa.

2.2. Nabavka

U okviru aspekta nabavki, obavlja se sveobuhvatna revizija svih procesa nabavke, uključujući i pretkvalifikaciju (ukoliko je provođena), objavljivanje poziva za nadmetanje (i zahtev za dostavljanje ponuda u slučaju konsultantskih usluga), procenu ponuda za studije i radove (male, srednje i velike), nabavku opreme i usluge nadzora. Pored toga, potrebno je razmotriti izveštaje o dodeli ugovora, uključujući i izveštaje sa otvaranja ponuda, o proceni ponuda i izboru, kao i tendersku dokumentaciju za radove i robe, i pisma poziva za konsultantske usluge.

Neophodan rezultat je potvrda da li je uzorak u skladu sa zahtevanim regulativama nabavke. Ovo uključuje verifikaciju procesa obaveštavanja i potpisivanja ugovora, usaglašenost potpisanih ugovora sa standardnim ugovorima koji su sadržani u tenderskoj dokumentaciji, kao i predviđeni vremenski period za izvršenje, u poređenju sa ponudom odabranog ponuđača. Revizor utvrđuje da li su kriterijumi ocenjivanja i izbora firmi odgovarajući i jasni. Ukoliko postoji proces prethodne kvalifikacije kako bi se uspostavila kratka lista, analizira se metod prethodne kvalifikacije i usaglašenost sa definisanim kriterijumima, te verifikuje kvalitet konsultantskih i izvođačkih firmi koje su izabrane na kratku listu i kriterijume izbora. Ukoliko je primenljivo, moguće je obaviti i verifikaciju da li je dostavljena roba u saglasnosti sa količinama i normama koje su naznačene u tehničkim uslovima.

Pored toga, često se preduzima i opšta revizija internih procedura nabavke kako bi se dali predlozi mogućih poboljšanja, na osnovu domaće i međunarodne “dobre prakse”.

2.3. Profesionalna odgovornost

Provera izvršenja usluga uz dužnu profesionalnu odgovornost se odnosi na proveru zahteva za projektovanje i obezbeđenje kvaliteta, koji su naznačeni u tehničkim uslovima, standardima, kodeksima prakse, procedurama obezbeđenja kvaliteta i ostalim dokumentima koji definišu postupke koje treba poštovati i standarde za koje se očekuje da budu postignuti.

Za odabrani uzorak aktivnosti, revizor verifikuje da li je kvalitet tehničkih i ekonomskih studija, u sklopu pripreme generalnog, idejnog i glavnog (eventualno, i izvođačkog) projekta, kao i stručni nadzor radova dovoljan da garantuje željeni rezultat. Proverava se i prikladnost studija i projekata u smislu efektivnosti troškova, kao i predloženih tehničkih rešenja. Revizor potvrđuje da li je realizovani proces nadzora, od strane inženjera konsultanata koji rade pod ugovorom, kao i od strane osoblja iz agencije za puteve, u skladu sa odgovarajućom regulativom. Proverava se da li su sve fakture, ovlašćenja, opravdanja i varijacioni nalozi, plaćanja, potvrde o prihvatanju i sl, dostupni i pravilno arhivirani i da su plaćanja vršena u skladu sa uslovima iz ugovora i u sklopu dogovorenih ograničenja.

Tamo gde je uključena obuka za osoblje agencije je potrebno potvrditi da li su usluge obuke izvršene u skladu sa naznačenim ciljevima, naročito imajući u vidu broj osoba koji je obučen i da je kvalitet obuke zadovoljavajuće ocenjen od strane korisnika. Verifikacija se može provesti putem anketnih listova na uzorku učesnika ili putem direktnih konsultacija sa korisnicima.

2.4. Usklađenost sa tehničkim uslovima

Kvalitet obavljenih aktivnosti je jedan od najznačajnih zahteva kada se radi o samim radovima. U okviru ovog dela revizije se proverava da li je kvalitet svih aktivnosti u uzorku u skladu sa relevantnim zahtevima o kvalitetu iskazanim kroz profesionalnu odgovornost. Aktivnosti se obavljaju u odnosu na vizuelni pregled od strane revizora, napredak radova i izveštaje o završetku, rezultate laboratorijskih ispitivanja i ostalu relevantnu dokumentaciju. Pored toga, i tamo gde je relevantno, revizor proverava rezultate na terenu i obavlja dalje testove kako bi proverio usklađenost.

Verifikaciji podležu jedinične cene u računima, odnosno situacijama, a upoređuju se sa onim u ugovorima ili nalozima za rad. Kontrola upravljanja gradilištem se obavlja kroz proveru organizacije rada na gradilištu, te posebno pregledom zapisnika sa gradilišnih sastanaka i izveštaja sa gradilišta. Vođenje evidencije se potvrđuje proverom dnevnika, građevinske knjige i izveštaja sa gradilišta, radnih naloga, opravdanja za moguće amandmane, kao i zapisnika sa preliminarnih i konačnih prijema radova. Revizor verifikuje da li je vremenski raspored izvršavanja radova, za završene i radove u toku, u skladu sa zahtevima definisanim u ugovorima. Tamo gde se na gradilištu pojave kašnjenja, analiziraju se mere preduzete kako bi se nadoknadilo vreme, kao i primena penala. Prekoračenja troškova se analiziraju prema vrsti rada, iznosu ugovora, kategoriji izvođača, uzimajući u obzir procenu vrednosti ugovora.

2.5. Prikladnost tehničkih uslova

Iz rezultata rada obavljenog pod tačkama 2.2. do 2.4, identifikuje se gde zahtevi o kvalitetu nisu definisani sa dovoljno detaljnosti radi obezbeđenja dobrog kvaliteta. Pored toga, potrebno je obaviti i opštu reviziju tehničkih zahteva, zahteva za nabavku i obezbeđenje kvaliteta i dati predloge tamo gde je to potrebno i gde se može poboljšati vrednost za dati novac, u skladu sa domaćom i međunarodnom “dobrom praksom”.

2.6. Zadovoljenje standarda zdravlja, bezbednosti i zaštite životne sredine

U odnosu na interna dokumenta koja se odnose na oblast zdravlja i bezbednosti u okviru obavljenih aktivnosti, kao i dokumenta koja se odnose na kontrolu zaštite životne sredine, uobičajeno je da se kontroliše isti uzorak aktivnosti koje su identifikovane u tački 2.4, ali se proverava i njihova usklađenost sa zvaničnim standardima iz oblasti zdravlja, bezbednosti i zaštite životne sredine. Ovde se može zahtevati revizija izveštaja o obavljenim aktivnostima i ostale relevantne dokumentacije. Pored toga, i tamo gde je prikladno, revizor obavlja provere po slučajnom uzorku na terenu kako bi utvrdio usklađenost sa zahtevima. Takođe, često se preduzima i opšta revizija zahteva u vezi zdravlja, bezbednosti i zaštite životne sredine i

daju predlozi za poboljšanja tamo gde je moguće, u skladu sa domaćom i međunarodnom “dobrom praksom”.

2.7. Rešavanje problema/sporova povezanih sa poslovima

Na osnovu odgovarajuće dokumentacije o bilo kom problemu koji se odnosi na poslove, uključujući i rešavanje nesporazuma između izvođača i agencije za puteve, revizor utvrđuje da li se problemima koji se odnose na poslove i rešavanjem nesporazuma upravlja na odgovarajući način i da li se rešavaju pravično u skladu sa procedurama i zahtevima iz ugovora. Posebno bitan aspekt je pravovremenost zahteva i obavljanja neophodne ekspertize radi rešavanja problema ili tehničkih pitanja. Dodatno, pravilo je da se obavi i opšta revizija procedura rešavanja nesporazuma i daju preporuke za poboljšanje.

2.8. Raspodela sredstava

Dokumentacija koja se odnosi na odabrane uzorke se pregleda kako bi se utvrdilo da li su sva raspodeljena sredstva iskorišćena u skladu sa svojom namenom i da li mogu biti opravdana. Pored toga, i tamo gde je prikladno, revizor proverava obavljene radove na terenu i provodi dalje testove kako bi proverio usaglašenost. Kao i u ostalim slučajevima, moguće je provesti opštu reviziju raspodele sredstava i mehanizama raspodele, te dati predloge tamo gde se mogu učiniti poboljšanja, u skladu sa domaćom i međunarodnom “dobrom praksom”.

2.9. Opšte upravljanje

Agencija za puteve u ovoj fazi revizoru obezbeđuje sve dokumente koji se odnose na delovanje i upravljanje aktivnostima, uključujući ugovore na nivou usluga, okvirne ugovore ili sporazume, korporativne i poslovne planove, planove upravljanja kapitalom, procedure i priručnike za obezbeđenje kvaliteta, pokazatelje izvršenja ili ciljeve i sl.

Revizor razmatra raspodelu zadataka između različitih učesnika koji su uključeni u upravljanje i izvršenje projekata i ocenjuje upravljačke kapacitete. Pristup u programiranju i određivanju budžeta se posebno kontroliše i izveštava o tome do kog nivoa se obezbeđuje visok nivo vrednosti za uloženi novac. Proveravaju se sistemi opšteg upravljanja i upravljanja ugovorima, uključujući kvalitet informacija koje su obezbeđene sistemima, sistem arhiviranja i dokumentovanja, naročito u odnosu na upravljanje ugovorima i knjigovodstvom i identifikuje mogućnosti ušteda na troškovima.

Kao i kod klasične provere sistema kvaliteta, ocenjuje se sposobnost agencije za puteve da zadovolji obim posla koji je predviđen programom troškova, te ocenjuje delovanje agencije u skladu sa pokazateljima delovanja ili ciljevima i verifikuje da li se usvojeni pokazatelji mogu proveravati. Revizor kontroliše pristup praćenju svakog od aspekata u sklopu aktivnosti agencije za puteve i nivo do koga se rezultati praćenja stanja koriste da bi se poboljšale buduće aktivnosti.

3. TEHNIČKA REVIZIJA REALIZACIJE PROJEKATA

Tehničkom revizijom se kritički ocenjuje da li se projekat realizuje ili da li je realizovan u skladu sa važećim propisima, uslovima ugovora i tehničkim uslovima, posebno u pogledu tehničkih aspekata i kvaliteta radova. Posledice neispunjavanja građevinskih tolerancija ili tehničkih uslova za materijale mogu biti veoma ozbiljne. Umesto da put nosi saobraćaj za koji je projektovan, loš kvalitet izgrađenog puta će zahtevati prevremeno periodično održavanje ili rehabilitaciju/ojačanje.

Može se reći da tehnička revizija realizacije projekata predstavlja formalnu procenu nivoa na kome se u okviru projekta ispunjavaju i prate procedure i zahtevi definisani ugovornom dokumentacijom [2], i generalno obuhvata sledeće provere:

- Da li su radovi stvarno izvršeni na terenu i da li se radovi obavljaju u vreme revizije?
- Da li je kvalitet radova najmanje jednak kvalitetu zahtevanom prema tehničkim uslovima?
- Da li su radovi ispravno obračunati i preuzeti/primljeni?
- Da li su i na koji način obračunate količine potvrđene od strane stručnog nadzora?
- Da li su količine u ispostavljenim privremenim situacijama identične količinama potvrđenim od strane stručnog nadzora?

- Da li su cene po kojima se obavlja plaćanje ispostavljenih privremenih situacija identične cenama iz ugovora?

Dominanatan način obavljanja tehničke revizije realizacije projekata je nakon okončanja radova (post-completion/post-construction audit), ali je moguće obavljati reviziju i tokom izvršenja radova što je dobro radi verifikacije stvarnog načina izvršenja radova u skladu sa dobrom inženjerskom praksom. Revizija tokom radova omogućava detaljniji pregled u smislu tehnologije i kvaliteta obavljanja radova, te investitor može pravovremeno da interveniše kako bi se stanje popravilo.

Tehnička revizija se sastoji od revizije dokumentacije i revizije stanja na licu mesta, odnosno terenu. Cilj revizije dokumentacije je potvrda da su primenjene odgovarajuće procedure nabavke i upravljanja radova, dok je revizija stanja na terenu usmerena na proveru da li su radovi zapravo izvršeni u skladu sa uslovima utvrđenim u ugovoru. Cilj tehničke revizije je moguće postići samo ako se obe ove komponente u potpunosti izvrše.

Pre nastavka se ističe razlika između tehničke revizije i tehničke kontrole radova koja je i regulatorno propisana kao jedna od uslova za izdavanje upotrebne dozvole. Tehnička kontrola, odnosno tehnički prijem radova obuhvata kontrolu usklađenosti izvedenih radova sa građevinskom dozvolom i tehničkom dokumentacijom na osnovu koje se objekat gradio, kao i sa tehničkim propisima i standardima koji se odnose na pojedine vrste radova, odnosno materijala, opreme i instalacija. Ovo znači da se tehnička kontrola prvenstveno odvija nakon okončanih radova, i odnosi se na tehničke elemente izgrađenog objekta, bez provere ugovornih odredbi, organizacije radova, metoda rada, dinamike izvršenja radova, plaćanja i administracije ugovora. Takođe, tehnička kontrola ne obuhvata analizu uzroka i mera koje su preduzete radi prevazilaženja problema nastalih tokom radova, što ustvari predstavlja jednu od glavnih koristi tehničke revizije.

3.1. Period revizije

Poželjno je da revizija počne što je pre moguće nakon završetka radova radi utvrđivanja stanja, odnosno kvaliteta putne konstrukcije. Međutim, mogu postojati određena ograničenja u ovom smislu, kao što je mobilizacija revizora, priprema izveštaja o završenim radovima i sl. To znači da je moguće tolerisati određen period vremena nakon završetka radova do početka revizije, ali u svakom slučaju reviziju treba obaviti pre konačnog izdavanja potvrde o okončanju posla.

Revizija koja se obavlja tokom izvršenja radova obuhvata više aspekata, od same organizacije gradilišta i upravljanja radovima, preko provere postojanja, kvaliteta i usklađenosti opreme, postrojenja i laboratorija, metoda rada, do provere naloga, zapisa, građevinskog dnevnika i knjige, kvaliteta, bezbednosti, itd, i to kako za okončane, tako i za tekuće radove. Ova revizija se, u zavisnosti od predviđene dužine trajanja radova, može obaviti samo jednom na polovini roka za izvođenje radova, ili u određenim intervalima (npr. na svakih 6 meseci), što bi za projekte koji traju duže od dve godine bila preporučljiva varijanta.

3.2. Dokumentacija

Revizorski tim, po pravilu, proverava da li je sledeća dokumentacija ispravno dostavljena, arhivirana i kako je održavana tokom izvršenja radova:

- dokumentacija iz postupka nabavke;
- potpisan ugovor, sa svom pratećom dokumentacijom;
- projektna dokumentacija sa tehničkim uslovima;
- dokumentacija koju je izvođač dužan da dostavi u skladu sa odredbama ugovora i tehničkim uslovima, a prvenstveno se odnosi na metode rada i osiguranje kvaliteta;
- dokumentacija vezana za plaćanje;
- dokumentacija koju priprema investitor, odnosno agencija za puteva za potrebe vođenja i administriranja ugovora, kontrole kvaliteta i druge namene u skladu sa regulativom i internim pravilima;
- dokumentacija o završetku radova i predaji objekta investitoru;
- svaki drugi dokument koji je možda uticao na bilo koji deo radova ili postupke koji su preduzimali investitor, stručni nadzor i izvođač.

Odgovornost u dostavljanju i održavanju dokumentacije pokazuju marljivost agencije u obavljanju svoje dužnosti. Pregled dokumentacije zahteva značajan nivo znanja i iskustva na temu pomenutih dokumenata.

Dakle, konsultanti koji su angažovani kao članovi revizorskog tima moraju da imaju bogato iskustvo u upravljanju gradilištem, upravljanju projektima i kontroli kvaliteta, tako da ne može doći do previda ili zanemarivanja određenih nalaza i činjenica. Stavke koje treba pažljivo pregledati mogu varirati u zavisnosti od problema koji se posebno ispituje, ali u određenim slučajevima neki od delova navedene dokumentacije mogu biti detaljno pregledani tek pošto su se pojavili konkretni problemi prilikom inspekcije na terenu.

3.3. Revizija na terenu

Revizija na terenu se preduzima kako bi se proverilo stvarno stanje radova. Prvo se proverava da li su radovi stvarno izvršeni u skladu se obimom definisanim u ugovoru, a zatim se ocenjuje nivo kvaliteta. U slučaju da kvalitet nije zadovoljavajući potrebno je tražiti objašenjenje od agencije za puteve i proveriti da li je sve obavljeno kako su zahtevali tehnički uslovi i uslovi ugovora.

Radovi na terenu obuhvataju popunjavanje liste provere, vizuelni pregled, uz obavezno fotografisanje ili video snimanje, i merenja, odnosno ispitivanja. Osnovni način rada je verifikacija zabeleški izvođača i stručnog nadzora, te izveštaja o ispitivanjima. Uzorkovanje i ispitivanje određenih elemenata putne konstrukcije (donji stroj, kolovozna konstrukcija, objekti) se obavlja samo ako je to predviđeno projektnim zadatkom, odnosno ugovorom za reviziju, i revizor ne može uzimati uzorke na sopstvenu inicijativu. Međutim, treba imati u vidu da je prvenstveno agencija za puteve odgovorna za kontrolu kvaliteta i izvršenih količina, tako da revizija može pregledati/potvrditi da su merenja količina i kontrola kvaliteta ispravno obavljeni, a plaćanja izvršena u skladu sa uslovima ugovora.

U većini slučajeva, ako se predvidi, uzorkovanje i ispitivanje obuhvata uzimanje uzoraka iz gotovih kolovoznih konstrukcija i njihovu analizu u specijalizovanim laboratorijama. Uzorkovanje se obavlja na naizmenično odabranim lokacijama, a predmet verifikacije predstavljaju debljine slojeva kolovozne konstrukcije, granulometrijski sastav mineralne mešavine, sadržaj i kvalitet bitumena, zbijenost, količina zaostalih šupljina i opšti kvalitet korišćenih materijala. Pri tome je uobičajeno da se u proseku obavi jedno uzorkovanje po dužnom kilometru puta, odnosno u slučaju autoputa po jedno uzorkovanje za svaki kolovoz. Obično se ne zahteva obavljanje ispitivanja vruće asfaltne mase. Dodatno, preporučuje se i nedestruktivno (retko destruktivno) ispitivanje konstrukcija, odnosno njihovih elemenata, pri čemu se utvrđuje kvalitet završne obrade, jačina, čvrstoća, i ostali parametri koji mogu potvrditi kompletnost konstrukcije.

3.4. Izveštavanje

Izveštavanje obuhvata sledeće aspekte realizacije projekta:

- nabavka i ugovaranje izvođenja radova i usluga stručnog nadzora u skladu sa pravilima nabavke;
- kvalitet tehničke dokumentacije, detaljnosti i preciznosti tehničkih uslova;
- realizacija radova i usluga u skladu sa uslovima ugovora, odnosno projektnom dokumentacijom;
- kontinualno izvođenje radova u okviru projekta, zajedno sa ocenom aktivnosti stručnog nadzora;
- realnost plana izvođenja radova i postavljenih rokova kako od strane agencije za puteve, tako i od izvođača;
- dinamika izvođenja radova, kašnjenja, analiza uzroka i mera preduzetih kako bi se otklonile posledice, te primena kazni/penala;
- dobra organizacija radova, kao i usluga stručnog nadzora;
- nivo i kvalitet komunikacije, izveštavanja i vođenja dokumentacije o radovima (građevinski dnevnik i knjiga, instrukcije i nalozi, varijacioni nalozi, zapisnici, dopisi i dr);
- usklađenost kvaliteta izvedenih radova sa tehničkim uslovima ugovora o radovima, kao i sa najboljom praksom u sektoru;
- opravdanost troškova načinjenih u projektu, uz utvrđivanje da li su isti predviđeni u budžetu projekta;
- opravdanost svih izmena originalne projektne dokumentacije koje su načinjene tokom izvođenja radova;
- dobro upravljanje projektom, kako bi se osiguralo da svaka strana uredno ispunjava svoje ugovorne obaveze, te da se ublaži rizik od potraživanja, parnica i/ili sporova;
- realizacija u okviru predviđenog budžeta i u ugovorenom roku;
- kvalitet obavljenih radova u smislu upotrebljivosti i bezbednosti;
- način tretmana prigovora svih zainteresovanih strana, uključujući i opštu javnost;
- preporuke u vezi sa potrebnim aktivnostima.

Revizorski tim treba da bude realan u proceni stepena savršenstva dokumentacije i kvaliteta radova. Manje probleme treba tolerisati, osim ako su izazvani s namerom ili prouzrokovani teškim nemarom.

Prilikom izveštavanja se omogućava da zainteresovane strane, odnosno investitor, stručni nadzor i izvođač daju komentare na nacrt izveštaja, odnosno nalaza, ali se ne preporučuje da ti komentari kasnije utiču na konačnu verziju istog, već da oni budu uključeni u prilogu izveštaja uz odgovarajuću obradu/odgovor od strane revizora.

3.5. Odnos revizora, investitora, stručnog nadzora i izvođača

Revizor se imenuje od strane investitora i njemu direktno odgovara. Ni pod kojim uslovima revizor ne može da savetuje i/ili izdaje uputstva i naloge stručnom nadzoru i izvođaču. Komunikacija sa ove dve strane u realizaciji projekta je strogo ograničena na traženje objašnjenja i informacija koje se tiču posla, i ne sme da utiče na samu realizaciju. Investitor, stručni nadzor i izvođač treba revizoru da obezbede svu neophodnu dokumentaciju, prema potrebi, i to mora da bude definisano u ugovorima između strana u projektu.

Da bi odnosi bili jasni i da bi tehnička revizija proceduralno mogla biti obavljena, obavezno je osigurati da uslovi ugovora (i za izvođenje radova i za obavljanje stručnog nadzora) obuhvate klauzule koje će propisati da se tehnička revizija provede barem jednom tokom realizacije projekta.

3.6. Ocena nalaza rezultata

Tokom ocene realizacije projekta, revizor mora da radi u okviru odredbi dva ugovora, jedan između investitora i izvođača, a drugi između investitora i stručnog nadzora, što znači da su mu oba dostupna. U slučaju nepovoljnog nalaza, izveštaj revizora mora konkretno da ukaže o čemu se radi i na koje odredbe ugovora se isti odnose. Revizor u okviru nalaza treba i da preporuči tehnički ispravno i ekonomično rešenje za ispravku problema, ukoliko je to moguće. Nakon toga investitor može odlučiti o preduzimanju odgovarajuće mere u skladu sa ugovorom/ugovorima, pri čemu je nalaz revizora samo smernica za delovanje.

Osim nalaza u pogledu same realizacije radova i njihovog kvaliteta, zadatak revizora uobičajeno obuhvata i opšti pregled tehničkih zahteva, kao i zahteva u pogledu nabavki, kako bi izrazio preporuke radi uvećanja koristi koje se dobijaju za uloženi novac, uvažavajući domaću i međunarodnu “dobru praksu”.

4. ZAKLJUČAK

Uvođenje tehničke revizije u praksu su inicirale međunarodne finansijske institucije kao moguće sredstvo za sprečavanje koruptivnih aktivnosti koje veoma često dovode do prebrzog propadanja putne konstrukcije i gubitka investicije. Do pre 15-ak godina aktivnosti tehničke revizije uopšte nisu provođene kako bi se utvrdilo da li proizvod nakon obavljenih radova, odnosno putna konstrukcija ustvari odgovara nivoou uloženih sredstava, kao i da li upravljačke aktivnosti agencija za puteve rezultiraju odgovarajućim nivoom usluge na putnoj mreži i zadovoljstvom korisnika. Međunarodne finansijske institucije najčešće posežu za tehničkom revizijom kako delatosti, tako i projekata u vreme, odnosno u državama gde postoji sumnja u ukupan kvalitet proizvoda, u ovom slučaju puta, kao i da se ne ostvaruje odgovarajuća vrednost za uložen novac.

Međutim, glavni problem je što tehnička revizija nije ugovorno poznata mera u velikom broju država, te se očekuje da bi informacije prikazane u ovom radu bile korisne za razvoj preventivnih strateških mera i od pomoći u pripremi odgovarajućih politika i uputstava za uvođenje zakonski obavezne tehničke revizije poslovanja i realizacije projekata u Srbiji, kao i šire.

Literatura

[1] Ameer, A.L.M. 2013. *Irregularities, Frauds and the Necessity of Technical Auditing in Construction Industry.* AutorHouse, Ltd. UK. 114 p.
[2] Mwiya, B. 2009. *The Need for Auditing in the Zambian Construction Industry*. University of Zambia, Shool of Engineering. Lusaka, Zambia. 192 p.
[3] National Audit Office. 2010. *Performance Audit Report on Road Works*. Tanzania. 44 p.
[4] Roads Department. Ministry of Works, Transport and Communications. 2001. *Technical Auditing of Road Projects. Guideline No. 7.* Botswana. 41 p.
[5] Roads Fund Board. 2008. *Technical Audit Manual*. Tanzania. 36 p.
[6] (2004-2013) Projektni zadaci za obavljanje usluga tehničke revizije. Bosna i Hercegovina, Srbija, Makedonija, Irak, Jemen.

POKAZATELJI STANJA FLEKSIBILNIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA U FUNKCIJI UPRAVLJANJA PUTEVIMA

Dr Dragan Mihajlović[1]
IG Inzenjering, Trebinje, dram@inecco.net
Tatjana Grujanić[2]
FORTIS GROUP, Prijedor, tatjanagrujanic@hotmail.com

Rezime: *Sistemi upravljanja putevima pružaju najbolje mogućnosti ocjenjivanja dobiti, gubitaka i opšte efikasnosti uloženih finansijskih sredstava. Oni direktno odražavaju uspješnost ulaganja u izgrađenu putnu infrastrukturu, a pri tom ostaju funkcionalni, relativno lako razumljivi i korisni, kao pomoćno sredstvo donosiocima odluka na svim nivoima.*
Pokazatelji ključnih parametara stanja, kao što su podužna i poprečna ravnost, pukotine, makrotekstura, površinska oštećenja i nosivost kolovozne konstrukcije uz kombinovanje drugih vanjskih uticaja kao što su saobraćajno opterećenje, klima i sl. daju mogućnost sveobuhvatnog vrednovanja i ocjene stanja puta. Ovakvim vrednovanjem se može razviti model, odnosno metode, za ocjenu stanja fleksibilnih kolovoznih konstrukcija u zavisnosti od strukturnih i površinskih karakteristika. Upravljači putevima u Bosni i Hercegovini nemaju pravu sliku stanja puteva, jer nije razvijena metodologija kojom bi se postojeći podaci mogli vrednovati, uporediti i predstaviti.
U radu će biti prikazane aktivnosti koje treba sprovesti za razvoj modela, odnosno sistema, kojim bi se vrednovalo stanje fleksibilnih kolovoznih konstrukcija, kako bi upravljači, ali i korisnici puteva imali globalnu sliku stanja putne mreže i kako bi se uradilo vrednovanje dionica po kategorijama puteva i veličini saobraćaja kao i uvid u homogenost kvaliteta dionica po putnim pravcima.

Ključne reči: *putevi, upravljanje putevima, ocjena stanja, pokazatelji stanja, fleksibilne kolovozne konstrukcije.*

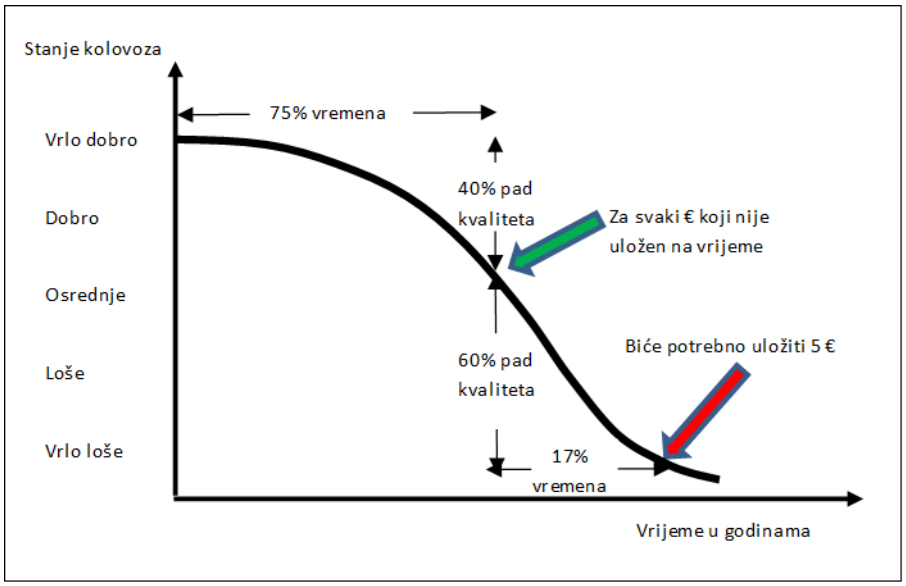
1. UVOD

Pristup problemu upravljanja putevima neophodan je u nastojanju da se društvu, odnosno svim korisnicima, osiguraju realne informacije o stanju i budućem ponašanju elemenata puta. Potrebno je da se zajedno sa razvojem logičkih postupaka za valorizaciju alternativa održavanja i građenja pristupi donošenju odluka o vrsti, načinu i vremenu intervencije, poštujući sva ekonomska i tehnička ograničenja.
Pod uticajem obima i strukture saobraćaja, te usljed izloženosti vremenskim uslovima, stanje kolovozne konstrukcije i karakteristike putovanja se tokom perioda eksploatacije stalno pogoršavaju. Svaka građevinska konstrukcija, pa tako i put, mijenja se tokom svog životnog ciklusa. Sa promjenama na površini puta i fatori okoline doživljavaju promjenu. Sve ove promjene je potrebno vrednovati i izraziti u vidu troškova te procjeniti njihov uticaj na korisnike puta. Na slici 1 je grafički prikazan uticaj nepravovremenog održavanja puteva na stanje kolovoza i troškove.
Pojam sistema za upravljanje putevima pojavljuje se u literaturi krajem šezdesetih godina prošlog veka.
Krajem sedamdesetih godina prošlog vijeka, u svijetu se prišlo izgradnji modela, odnosno sistema koji bi putem simulacije prirodnih uslova predviđali potrebne mjere i efikasnost njihove primjene na održavanju puteva. Osnovni cilj ovih sistema je bio da se na kraju eksploatacionog peroda dobije maksimalna korist iz sredstava koja stoje na raspolaganju za investiciono i redovno održavanje puteva te da se stvore racionalne osnove za određivanje nivoa finansiranja i raspodjele sredstava za tu namjenu.
Početkom osamdesetih godina prošlog vijeka dolazi do velikog interesa za takve sisteme upravljanja ali prvenstveno kolovozima (mnoge razvijene zemlje Evrope i svijeta). Prva tematska konferencija posvećena temi upravljanja kolovozima održana je 1985.godine u Torontu, Kanada.
Prve aktivnosti na formulaciji modela započele su još 1988.godine na nivou SOP Jugoslavije kroz zajednički rad svih republičkih uprava za puteve na uvođenju jedinstvenih normativa i metoda u procesu upravljanja putevima. Aktivnosti su bile defisane u četiri osnovne grupe:

- izrada liste i riječnika podataka o putevima,
- formiranje računarskih baza podataka o putevima po republikama,
- definisanje postupaka za praćenje stanja puteva, izbor i nabavka opreme za prikupljanje podataka,
- usvajanje modela odlučivanja.

Sve ove aktivnosti su bile provedene u toku 1990. i 1991.godine na nivou cele SFR Jugoslavije, s tim što je stepen rješenja po pojedinim pitanjima i nivou aplikacija prilagođavan lokalnim uslovima i potrebama.

[1] Dr Dragan Mihajlović: dram@inecco.net



Slika 1. *Uticaj nepravovremenog održavanja puteva na stanje kolovoza i troškove*

2. NAČELA ZA USPJEŠNO UPRAVLJANJE PUTEVIMA

Svaka pojedinačna uprava za puteve (javna preduzeća, direkcije ili eventualno koncesionari) mora da ispuni osnovne principe održavanja puteva definisane Zakonom o putevima. Kako bi to mogli ostvariti, treba biti ispunjeno nekoliko važnih uslova:

- Poznavanje vrste i strukture svih dijelova putne mreže čime su obuhvaćeni popis, lokacija, vrsta i struktura svih objekata i opreme, geometrijski podaci, podaci o saobraćajnom opterećenju i sl.;
- Poznavanje trenutnog stanja svih dijelova putne mreže, položaja, vrsta i veličina oštećenja te njihov uticaj na udobno i bezbjedno odvijanje saobraćaja;
- Poznavanje mehanizma nastanka i mogućeg napredovanja oštećenja kolovoza;
- Poznavanje tehnologija mogućih načina popravaka;
- Poznavanje troškova primjene određene tehnologije ;
- Poznavanje veličine, vrste i strukture posrednih troškova koji su rezultat lošeg stanje puta;
- Poznavanje i primjena procedura kojima će se na nivou mreže puteva intervenisati na najefikasniji način u odnosu na troškove i postignuto (traženo) stanje.

Bez jasno uspostavljenih procedura neće biti moguće izrgaditi sistem za upravljanje kolovozom.

2.1. Komponente sistema za upravljanje

Većina sistema za upravljanje kolovozima (na nivou mreže) sadrži pet ključnih sastavnih dijelova sistema (Peterson, 1987):

- Prikupljanje podataka i baza podataka o putevima
- Modeli ponašanja i oštećivanje kolovoza
- Analitički alati i kriteriji za odlučivanje
- Izlazni podaci – rezultati analiza
- Povratne informacije

Sami sistemi se razvijaju i prilagođavaju potrebama i specifičnostima zemalja za koje su uspostavljeni i razlikuju se od zemlje do zemlje. Od bivših republika SFRJ djelimično implementirane sisteme za upravljanje kolovozima imaju Hrvatska i Slovenija, dok ostali značajno zaostaju u implementaciji iako su razvili pojedinačne segmente sistema.

Aktivnosti na formulacijama sistema za upravljanje kolovozima uglavnom se zasnivaju na primjeni metoda vještačke intelegencije i njihovoj interpretaciji dostupnih podataka. U poslednjih desetak godina primarno se primjenjuju sistemi zasnovani na:

- Ekspertnim modelima – bazirani na pravilima koji pokušavaju oponašati mišljenja eksperata iz različitih oblasti (primjena - planiranje i optimizacija održavanja kolovoza),
- Neuralnim mrežama - modeli struktuirani na bazi organizacije ljudskog mozga koji mogu učiti i naučiti na nizovima primjera, stvaranjem vlastitih pravila za rješavanje problema i proizvoditi dobre odgovore na

osnovu predočenih podataka (primjena - procjena stanja, predviđanje učinaka pojedinih mjera, izbor projekata, ...),
- Fuzzy logika – modelira ljudsko donošenje odluka u okvirima fuzzy logike a dopušta se korištenje subjektivnih informacija, npr. stručna mišljenja, pravila (primjena - indeks stanja mreže, optimizacija mreže,..),
- Hibridnim sistemima – predstavljaju integraciju intelegentnih sistema i drugih tehnologija (primjena - automatska obrada digitalnih fotografija oštećenog kolovoza).

3. POKAZATELJI STANJA FLEKSIBILNIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Izgrađene putne mreže postale su vitalni i jedan od najbitnijih elemenata infrastrukture svakog društva, a troškovi putnog saobraćaja pružaju sasvim izvesnu mogućnost stvaranja velikih društvenih šteta, odnosno ušteda. Sa danom završetka izgradnje započinju brojni procesi oštećivanja izgrađenih puteva. Npr., u jednom od do sada najkompleksnijih istraživanja u oblasti puteva (projekat HDM formulisan od PIARC i finansijski podržan od strane Svjetske banke) utvrđeno je da samo jedan parametar stanja, ravna ili neravna kolovozna površina, najviše utiče na direktno smanjenje ili povećanje ukupnih troškova putnog saobraćajnog sistema. Tim pokazateljem se direktno odražava uspješnost ulaganja u putnu mrežu, odnosno pruža najbolja mogućnost ocjenjivanja opšte efikasnosti uloženih finansijskih sredstava.
Korišćenjem pokazatelja stanja i ocjene stanja kolovoznih kosnstrukcija, obezbjeđuje se osnov za detaljnije sagledavanje tzv. „patološkog stanja“ kolovozne konstrukcije bilo koje dionice na putnoj mreži. Time se omogućava dalja analiza primjenjenih tehničkih mjera rehabilitacije /održavanja puteva na svim dionicama, koje su prethodno ocijenjene problematičnim.
Osim toga upravljači, ali i korisnici puteva, mogu kontinuirano da prate promjenu stanja kolovoza i ocjenjuju uspješnost preduzetih aktivnosti. Ovaj pokazatelj je veoma važan jer omogućava praćenje i ocjenu efektivnosti i efikasnosti uloženih sredstava u putnu mrežu u određenom periodu, odnosno omogućava javnu (društvenu) ocjenu rada upravljača putevima.

3.1. Dosadašnja istraživanja

Opisivanje određenih karakteristika puteva i kolovoznih konstrukcija korišćenjem odgovarajućih indeksa je započeto u anglo-američkim i evropskim zemljama prije više od 50 godina. Ti indeksi, koji su se odnosili na pojedine informacije o putevima (stanje puta, stanje kolovozne konstrukcije, geometrija, itd), su formirani za mjerenje efekata percepcije korisnika puteva i iskazivanja strukturnog stanja putnih inženjerskih konstrukcija.
U Evropi su objavljene brojne studije sa ciljem razvijanja specifikacija na nivou pojedinih zemalja kojima se mogu definisati karakteristike kolovoza u odnosu na percepciju vozača i potrebe upravljača puteva. U skladu sa rezultatima takvih istraživanja, francuski dokument „Koncepcija i dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija“ (*Conception et dimensionnement des structures de chaussee, SETRA, LCPC, 1994*), izdvaja pet grupa pokazatelja koji se koriste u analizi usluga koje kolovoz pruža korisnicima. U AASHTO vodiču za upravljane putevima iz 2001.godine prvi put je definisan PSI (*Present Serviceability Index*) kao kombinacija mjera udobnosti vožnje (PCI – *Pavement Condition Index*) i mjera stanja kolovoza (RCI – *Road Condition Index*). U Njemačkoj je takođe 2001.godine objavljeno uputstvo za planiranje mjera održavanja, koje za osnovu ima strukturni indeks (pokazuje stanje kolovozne konstrukcije) i indeks bezbjednosti i konfora dionice puta.
U Velikoj Britaniji agencija za puteve već više godina upotrebljava tzv. „PI - *Performance Indicator*“ za mjeru efektivnosti ulaganja u održavanje puteva.
Individualni i globalni pokazatelji stanja koji su se koristili u evropskim zemljama su bili veoma teško uporedivi (koriste se različiti faktori, sistemi njihovog vrednovanja, procedure mjerenja itd.). Evropska Unija je od 2002.godine započela finansiranje značajnih aktivnosti na polju harmonizovanja specifičnih pokazatelja koji će služiti ocjeni stanja i upotrebljivosti puta iz perspektive upravljača ali i korisnika puteva.
Sve ove aktivnosti prezentovane su u periodu 2002 – 2006. godina kroz COST projekte 324, 325, 336 i 343 kao i specifične projekte PARIS i FORMAT.
U martu 2004.godine započeo je novi projekat (COST 354) u kome su učestvovale 23 evropske zemlje i SAD (od svih članica EU nisu bile uključene Irska i Slovačka, a od nečlanica iz centralne i istočne Evrope nisu se uključile jedino Crna Gora i Bosna i Hercegovina). Ovaj projekat je završen u julu 2008.godine i osnovni njegov cilj – harmonizacija pokazatelja stanja kolovoza u evropskim zemljama – je u potpunosti ispunjen. Definisani su uniformni evropski pokazatelji (indikatori) stanja kojima bi u narednim istraživanjima bilo potrebno definisati pojedinačnu veličinu, zajednički uticaj i povezati u jedinstvenu ocjenu sa aspekta upravljača puteva, odnosno korisnika puteva.

3.2. Prikupljanje podataka i baza podataka

Da bi se kvalitetno i na sistematičan način upravljalo putnom mrežom treba pozn avati, prije svega, veličinu i strukturu putne mreže (stalni podaci), a zatim i stepen oštećenosti ustanovljen pregledima u određenim i propisanim vremenskim razmacima (promjenjivi podaci). Svi ti podaci ulaze u bazu podataka o putevima i služe kao ulazni parametri za procedure upravljanja (proračun pokazatelja sadašnjeg i predviđanje budućeg stanja, određivanje homogenih dionica, tipova i prioriteta popravaka, troškova i optimalnih scenarija održavanja):

- *Stalni podaci o kolovozima* - popis, položaj u putnoj mreži, geometrijske karakteristike, vrsta, struktura, podaci o saobraćaju i sl.;
- *Promjenljivi podaci o kolovozima* - podaci dobijeni pregledima kolovoza: položaj, vrsta i veličina oštećenja koja može biti neposredno izmjerena, posredno izračunata ili procijenjena;

Određivanje funkcionalnih i strukturnih karakteristika kolovoza na osnovu prikupljenih podataka osnovni je uslov za uvođenje procedura upravljanja kolovozima. Na osnovu sračunatih pokazatelja stanja kolovoza i na osnovu usvojenih kriterija može se utvrditi ocjena stanja kolovoza a preko ocjene stanja moguće je, primjenom različitih softverskih paketa, generisati i usvojiti strategiju upravljanja kolovozima.
Ključne karakteristike kolovoza bitne za donošenje odluka u okviru procesa upravljanja kolovozima su ravnost, tekstura, otpornost na klizanje, mehaničke/strukturne osobine i oštećenja površine.
Ocjenu stanja kolovoza možemo definisati sa dva aspekta: kao funkcionalnu ocjenu i kao strukturalnu ocjenu. Funkcionalna ocjena stanja predstavlja informacije o površinskim karakteristikama kolovoza koje direktno utiču na bezbjednost i udobnost korisnika puta a strukturna ocjena predstavlja informacije da li se kolovozna konstrukcija ponaša zadovoljavajuće pod djelovanjem saobraćaja i uslova okoline.
Metode prikupljanja podataka u osnovi možemo podijeliti na manuelne (vizuelne) i automatske. Uglavnom su vizuelni pregledi namjenjeni, uz korištenje odgovarajuće mjernih alata, ustanovljavanju oštećenosti i stanja kolovoza. Većina ostalih parametara se određuje automatskim snimanjima primjenom sofisticirane opreme.Vrste i načini mjerenja zavise o odluci upravljača puteva, raspoloživoj opremi, te kategoriji puta (npr.otpornost na klizanje kolovoza daleko je značajnija za auto-puteve nego za lokalne puteve gdje su brzine kretanja mnogo manje). Iako je primjena ARANA skoro standardizovana (snimanja izvršena u Sloveniji, djelomično Hrvatskoj, BiH i Srbiji), ne postoje odgovarajući pravilnici koji bi definisali metodologiju svih snimanja, njihovu učestalost i intenzitet pokrivanja mreže.
Baze podataka predstavljaju uređen skup svih podataka koji podržavaju funkcionisanje određenog sistema, odnosno, to je skup podataka, organizovanih prema pojmovnoj strukturi, koja opisuje karakteristike tih podataka i veze između njihovih odgovarajućih entiteta, podržavajući jednu ili više oblasti primene. Relacioni pristup modeliranju podataka izražava podatke u formi tabela koje se zovu relacije, a model podataka prikazuje kao skup relacija. Relacione baze se sastoje od većeg broja dvodimenzionalnih tabela. Koncept im se zasniva na matematičkoj teoriji skupova. Relacione baze podataka se projektuju u vidu tabela, indeksiranih po različitim pojmovima (poljima) i sa više ključeva. Već pri njihovom kreiranju mogu se uspostaviti logičke veze između pojedinih tabela preko zajedničkih polja tako da se na lak i jednostavan način dolazi do svih potrebnih podataka, bilo da se radi o podacima samo iz jedne tabele ili se podaci dobijaju spajanjem više tabela u jednu novu, koja je privremenog karaktera, a sadrži samo polja koja su potrebna korisniku.
Lakoća i jednostavnost rada sa relacionim bazama podataka ogleda se i u tome što do određenog podatka (uz korišćenje SQL pristupnog jezika) može doći i sam korisnik, iako nije upućen u metode i tehnike programiranja i jezika baza podataka.Tipični predstavnici relacionih baza podataka su SQL, DB2,Oracle, INGRES, DbaselV, FoxBase, Paradox, MS Access.
Struktura baze podataka o putevima bi trebalo da bude otvorena (u našim uslovima relativno mala putna mreža) i zasnovana na PC konfiguraciji i trebalo da bi da bude podrška bilo kojem softveru za upravljanje putevima (gotov proizvod ili posebno razvijen softver paket) za koji se odluči upravljač puteva. Veza između fizičke i logičke strukture baze ostvaruje se kroz sistem za upravljanje bazom podataka (Data Base Management System - DBMS). DBMS se može definisati kao sistem koji organizuje memorisanje podataka na način koji pospješuje njihovo pretraživanje za potrebe različitih aplikacija. Dok karakteristike logičkih podataka određuje korisnikova želja za fleksibilnošću u obradi podataka (što više različitih informacija), fizički podaci su karakterisani težnjom za visokim performansama rada računara. Bez adekvatnog DBMS-a ova dva zahteva mogu doći u konflikt. DBMS mora da upravlja upotrebom baze podataka (podržavajući online obrade, kao i da omogući rad sa distribuiranom bazom podataka).

3.3. COST Akcija 354

Kvantitativnom procjenom pokazatelja (indikatora) stanja se dobijaju smjernice za trenutne i buduće aktivnosti pri upravljanju održavanjem kolovoznih konstrukcija puteva, kako na nacionalnom tako i na evropskom nivou. Pokazatelji stanja se definišu za različite tipove kolovoznih konstrukcija i kategorije puteva. U prvom koraku se procjenjuje nekoliko pojedinačnih pokazatelja stanja koji opisuju osobine stanja kolovozne konstrukcije. Sledeći korak je grupisanje ovih pojedinačnih pokazatelja ili indeksa stanja u reprezentativne kombinovane pokazatelje stanja (funkcionalne, strukturalne i indekse sredine). Konačno, na osnovu kombinovanih pokazatelja stanja se za opisivanje ukupnog stanja kolovozne konstrukcije, definiše globalni indeks stanja, koji se može koristiti za opšte postupke optimizacije.
Glavni cilj istraživanja u okviru COST Akcije 354 okončanih 2008. godine bio je definisanje uniformnih evropskih indikatora stanja kolovoznih konstrukcija uzimajući u obzir potrebe korisnika i upravljača putevima. Kvantitativnom procenom indikatora stanja dobijaju se smernice za trenutne i buduće aktivnosti pri projektovanju i održavanju kolovoznih konstrukcija puteva, kako na nacionalnim, tako i na evropskim nivoima. U okviru ovih istraživanja, „indikator stanja“ je usvojen kao vrijednost koja je izvedena da bi odražavala tehničku osobinu kolovozne konstrukcije koja ukazuje na njeno stanje (npr. poprečna ravnost, otpor klizanju, i dr.). Indikator stanja se može definisati u obliku tehničkog parametra (dimenzionalan) i/ili kao bezdimenzionalni indeks.
Usmjerenje istraživanja je bilo razvoj „indeksa stanja“ definisanih kao bezdimenzionalne veličine na zajedničkoj skali od 0 do 5, gde 0 odražava kolovoz u vrlo dobrom, a 5 kolovoz u vrlo lošem stanju, s obzirom na datu osobinu stanja kolovozne konstrukcije.
S obzirom na veliku raznolikost potencijalnih korisnika konačnog postupka COST 354, smatralo se da je neophodno razvijanje postupka koji bi mogao biti primenjen na različitim nivoima, zavisno od tipa dostupnih merenja i analitičkog pristupa trenutno prisutnog kod upravljača putevima. Kao rezultat ovog pristupa, razvijen je fleksibilan sistem pojedinačnih, kombinovanih i opštih indeksa. U daljem tekstu su dati detalji o ovim indeksima i smernice za praktičnu primenu.
Prvo je izdvojen skup indikatora stanja za koje su tražene definicije odgovarajućih „indeksa stanja“ radi procene ključnih osobina kolovozne konstrukcije. Te ključne osobine su:

1. podužna ravnost,
2. poprečna ravnost,
3. makrotekstura,
4. trenje,
5. nosivost,
6. buka,
7. zagađenje vazduha,
8. pukotine,
9. površinska oštećenja.

Svaki od pojedinačnih indeksa stanja (*PI*) je u vezi sa jednom tehničkom osobinom kolovozne konstrukcije i može se izvesti iz tehničkog parametra (*TP*) dobijenog mjerenjima uređajem ili prikupiti drugim vidom ispitivanja (npr. dubina kolotraga, trenje, i dr.). Međutim, pošto i pukotine i površinska oštećenja obuhvataju niz različitih zasebnih nedostataka, bilo je neophodno razviti „prethodno kombinovane indikatore stanja“ (*pre-combined performance indices*) koji kombinuju različite oblike oštećenja u zasebnu vrijednost za svaki tip.
Dalji cilj je bio razvijanje četiri kombinovana indeksa stanja (*CPI*), izvedenih iz pojedinačnih i prethodno kombinovanih indeksa stanja, koji odražavaju važne aspekte ponašanja kolovozne konstrukcije, značajne i korisnicima i upravljačima:

1. indeks bezbednosti (*CPI safety*),
2. indeks udobnosti (*CPI comfort*),
3. indeks strukture (*CPI structural*),
4. indeks sredine (*CPI enviromental*).

Cilj svakog kombinovanog indeksa stanja (combined performance index – *CPI*) je da karakteriše doprinos strukture i stanja kolovozne konstrukcije promjeni vrijednosti puta. Treba naznačiti da se nije težilo izvođenju sveobuhvatnih indeksa bezbednosti puta, udobnosti i dejstva na sredinu, koji su pod uticajem mnogih faktora, već je istraživanje bilo usmjereno samo na kolovoznu konstrukciju.
Najviši nivo procjene stanja kolovozne konstrukcije je sračunavanje „opšteg indikatora stanja“ (general performance indicator – *GPI*). *GPI* je matematička kombinacija pojedinačnih i/ili kombinovanih indikatora koja daje predstavu o ukupnom stanju kolovoza na nivou mreže i omogućava identifikaciju dionica koje se ponašaju loše. Korišćenjem ovog podatka se može izvesti opšta strategija održavanja. Dakle, opšti indikator je korisno sredstvo za donošenje odluka pri procjeni opšteg stanja mreže i posljedično, finansijskih ulaganja.

3.3.1. Definicije

U radu COST 354 su korišćeni slijedeći termini:
Indikator stanja (eng. performance indicator) – Opšti izraz za tehničku osobinu kolovozne konstrukcije, koja ukazuje na njeno stanje (npr. poprečna ravnost, otpor klizanju, i dr.). Može biti izražen u vidu tehničkog parametra (dimenzionalan) i/ili u vidu indeksa (bezdimenzionalan).
Tehnički parametar (*TP*) (eng. technical parameter) – Fizička osobina stanja kolovozne konstrukcije, dobijena različitim oblicima mjerenja ili sračunata na osnovu drugih oblika ispitivanja (npr. dubina kolotraga, trenje, i dr.).
Funkcija prevođenja (eng. transfer function) – Matematička funkcija za transformaciju tehničkog parametra u bezdimenzionalni indeks stanja.
Indeks stanja (eng. performance index) – Procjenjeni tehnički parametar kolovozne konstrukcije, bezdimenzionalni broj ili slovo koje vrednuje dati tehnički parametar (npr. rutting index, skid resistance index, i dr.) na skali od 0 do 5, gde je 0 vrlo dobro, a 5 vrlo loše.
Pojedinačni indikator stanja (*PI*) (eng. single performance indicator) – Dimenzionalni ili bezdimenzionalni broj koji je u vezi sa samo jednom tehničkom osobinom kolovozne konstrukcije i koji pokazuje stanje te osobine (npr. neravnost) (takođe nazvan i individualni indikator stanja).
Prethodno kombinovani indikator stanja (eng. pre–combined performance indicator) – Dimenzionalna ili bezdimenzionalna vrijednost koja je u vezi sa dvije ili više sličnih osobina kolovozne konstrukcije, kombinovanih u jednu osobinu radi dalje primjene ili kombinacije (npr. linijske i mrežaste pukotine kombinovane u pukotine).
Kombinovani indikator stanja (*CPI*) (eng. Combined performance indicator) – Dimenzionalna ili bezdimenzionalna vrijednost koja je u vezi sa dve ili više različitih osobina kolovozne konstrukcije, i koja pokazuje stanje svih uključenih osobina (npr. indeks stanja kolovoza (pavement condition index – *PCI*)).
Opšti indikator stanja (*GPI*) (eng. general performance indicator) – Matematička kombinacija pojedinačnih i/ili kombinovanih indikatora koja opisuje stanje kolovozne konstrukcije uzimajući u obzir bezbjednost, udobnost vožnje, strukturu, i uticaj na okolinu (takođe nazvan i globalni indikator stanja).

3.3.2. Izbor i procjena pojedinačnih indikatora stanja

Glavni cilj definisanja bezdimenzionalnih indeksa stanja je da oni budu kombinovani u kombinovane indekse stanja i dalje u opšti indeks stanja.
Na sljedeći način je moguće sumirati četiri različita postupka sračunavanja indeksa:

1. korisnik daje vrijednost tehničkog parametra koji je prepoznat kao „najpogodniji“ i, različitim funkcijama prevođenja opisanim u ovoj studiji, dobija vrijednost bezdimenzionalnog stanja;
2. korisnik daje vrijednost tehničkog parametra koji je prepoznat kao „najpogodniji“, ali za dobijanje vrijednosti bezdimenzionalnog indeksa stanja (uvek na istoj skali od 0 do 5 kao u prethodnom slučaju) primjenjuje svoju sopstvenu funkciju prevođenja;
3. korisnik daje drugačiju vrijednost tehničkog parametra i za određivanje bezdimenzionalnog indeksa stanja (uvek na istoj skali od 0 do 5 kao u prethodnim slučajevima) primjenjuje sopstvenu funkciju prevođenja;
4. korisnik direktno daje vrednost bezdimenzionalnog indeksa stanja (uvek na istoj skali od 0 do 5 kao u prethodnim slučajevima).

Za razvijanje pojedinačnih indeksa stanja i odgovarajućih funkcija prevođenja, proučeno je pet indikatora stanja (podužna ravnost *PI_E*, poprečna ravnost *PI_R*, makrotekstura *PI_T*, otpor klizanju *PI_F* i nosivost *PI_B*). U studiji su dati detalji o ovim indikatorima, uključujući i predložene tehničke parametre i funkcije prevođenja.

3.3.3. Kombinovani indikatori stanja

Predviđeno je da *CPI* budu implementirani od strane putnih uprava kao podrška donošenju odluka na visokom nivou u vezi:

1. omogućavanja kvantifikacije različitih aspekata ponašanja kolovoznih konstrukcija;
2. omogućavanja izvještavanja o stanju kolovoznih konstrukcija na nivou mreže;
3. olakšanja poređenja sa drugim putnim upravama;
4. izdvajanja mogućih planova poboljšanja.

Uz četiri prethodno navedena *CPI*, razvijeni su i postupci za određivanje prethodno kombinovanih indeksa stanja za pukotine i površinska oštećenja, koji kombinuju različite tipove oštećenja i različite jedinice.

Kombinovanje pojedinačnih *PI* u *CPI* je zasnovano na naprednim kriterijumima maksimuma. Ono uvodi u proračun najveću ponderisanu vrijednost *PI* na koju utiču vrijednosti drugih srodnih ponderisanih *PI*. Ova metoda je izabrana da bi osigurala da je konačni rezultat *CPI* pod snažnim uticajem najvećeg ponderisanog *PI*. Za praktičnu primjenu postupka kombinovanja su razvijene dve alternative. Ove alternative korisniku daju mogućnost da uzme u obzir uticaj ostalih ponderisanih *PI* kao što sledi:

Alternativa 1 – uzima u obzir ponderisane pojedinačne indekse stanja različite od maksimalnog, pod uticajem faktora *p.*

Alternativa 2 – uzima u obzir drugi po veličini ponderisani pojedinačni *PI* pod uticajem faktora p

Alternativa 1 je poželjan postupak kombinovanja za proračun *CPI* jer uzima u obzir sve ulazne vrijednosti koje su od značaja, međutim, alternativa 2 može biti korisna za specifičnu primjenu.

Uticajni faktor *p* omogućava kontrolu ukupnog uticaja ponderisanih pojedinačnih indeksa stanja prema njihovom značaju. Na osnovu rezultata analiza, za sračunavanje *CPI* uticajni faktor *p* bi trebalo da bude između 10 % i 20 %. Veći faktor *p* povećava uticaj drugih pojedinačnih *PI* u odnosu na maksimalni. Težinski koeficijenti *Wi* odražavaju relativni uticaj različitih pojedinačnih i prethodno kombinovanih indeksa stanja.

U slučaju da najveći težinski koeficijent u upotrebi ima vrednost manju od 1,0, svi težinski koeficijenti moraju biti pomnoženi faktorom srazmere. U suprotnom, *CPI* nikada neće dostići maksimalnu vrijednost (5,0), bez obzira na vrijednosti pojedinačnih i prethodno kombinovanih indeksa stanja.

Značaj ulaznih parametara (pojedinačnih i prethodno kombinovanih indeksa stanja) je dat, sa jedne strane samim indikatorima, a sa druge njihovim težinskim koeficijentima. Jedan pojedinačni *PI* se može koristiti za sračunavanje jednog ili više *CPI*. Za sračunavanje kombinovanih indeksa stanja u praksi, neophodno je odreditii težinske koeficijente za različite pojedinačne indekse stanja.

Definicija indikatora buke i zagađenja vazduha je bila razmatrana, ali uprkos uočenoj važnosti, nema dovoljno podataka u vezi uticaja kolovoznih konstrukcija na sredinu da bi mogli da se izvedu odgovarajući indeksi.

Kao prva preporuka, za definisanje indeksa sredine se u postupku kombinovanja mogu koristiti slijedeći pojedinačni indeksi stanja:

1.podužna ravnost (*PI_E*) kao posredni indikator zagađenja vazduha i vibracija;
2.makrotekstura (*PI_T*) kao posredni indikator emisije buke;
3.površinska oštećenja kategorije 2 (*PI_SDcat 2*) kao posredni indikator vibracija.

U ovom trenutku nije moguće pouzdano dati predlog težinskih koeficijenata u vezi sa gore navedenim indikatorima. Međutim, postupci kombinovanja su dostupni a težinski koeficijenti se naknadno mogu definisati od strane korisnika zasebno, u zavisnosti od putne mreže, polja primene i drugih preduslova.

3.3.4. Opšti (globalni) indikatori stanja

Opšti indikator je matematička kombinacija pojedinačnih i/ili kombinovanih indikatora, koja opisuje stanje kolovozne konstrukcije uzimajući u obzir različite aspekte kao što su bezbjednost, udobnost vožnje, struktura, i sredina. Opšti indikator daje prvu predstavu o ukupnom stanju kolovozne konstrukcije na nivou mreže i ističe slabe dionice. S obzirom da opšti indikator ne odražava uzrok nedostatka kvaliteta u detaljima, radi procene o radovima na održavanju i neophodnih finansijskih izdvajanja, mora se obaviti detaljnija analiza zasnovana na pojedinačnim indikatorima stanja.

Opšti indeks stanja (*GPI*) je razvijen korišćenjem kombinovanih indeksa stanja (*CPI*) tj. indeksa bezbednosti, indeksa udobnosti, indeksa strukture i indeksa sredine. Postupak kombinovanja se može primjeniti bez korišćenja kombinovanog indeksa sredine.

Kombinovanje kombinovanih indeksa stanja (*CPI*) u opšti indeks stanja (*GPI*) je zasnovano na naprednim kriterijumima maksimuma kako je već prikazano pri sračunavanju *CPI*. Ono uvodi u proračun najveću ponderisanu vrijednost *CPI* na koju utiču vrijednosti drugih srodnih ponderisanih *CPI*.

3.4. Analitički alati i kriteriji za odlučivanje

Osnova za uspostavu modela vrednovanja stanja kolovoza danas predstavljaju preporuke evropskog COST projekta 354. Obzirom na specifičnosti putne mreže na našim prostorima, u COST projektu bi bilo poželjno izvršiti određene modifikacije.

Nije upitno da svi tehnički parametri koji se prikupljaju na državnim putevima (uzdužna i poprečna ravnost, makro-tekstura, raspucanost, oštećenja površine) utiču na stanje kolovoza, ali je pitanje u kojoj mjeri i generalno na koju grupu osobina kolovoza (bezbjednost, udobnost, struktura).

Obzirom da je ocjena stanja u velikoj mjeri subjektivan pojam, COST Action 354 dao je preporučene vrijednosti transformacijskih funkcija za puteve viših i nižih kategorija, a svakom upravitelju puteva ostavljena

je mogućnost da razvija transformacijske funkcije, kao i parametre težine uticaja, prema svojim očekivanjima, potrebama i strategiji održavanja.
Uobičajeno je da najveći uticaj na opšti pokazatelj ima bezbjednost (kombinovani pokazatelj bezbjednosti), a manji udobnost vožnje (kombinirani indeks udobnosti) i strukturne karakteristike kolovoza (kombinovani pokazatelj strukture). Opšti pokazatelj omogućava poređenje kolovoza različitih dionica puteva i sa bitno različitim problemima/nedostacima na jedinstvenoj skali. Ujedno se opšti pokazatelj koristi i za postupak optimalizacije na nivou putne mreže.
Kada upravljač puteva donese odluku o uspostavljanju sistema za upravljanje kolovozima, potrebno je detaljno razmotriti sljedeće varijante:

- da li u potpunosti razvijati vlastiti softver i system;
- da li primijeniti već razvijene sisteme i provesti odgovarajuća prilagođavanja, koliko je to moguće;
- kupiti odgovarajući softver na tržištu i orijentisati se na razvijanje znanja o mreži puteva za koju se sistem uspostavlja.

Prvi pristup iziskuje puno vremena i usredotočen je velikim dijelom na razvoj softverskog programa i može završiti neuspjehom jer razvoj programskog rješenja često rezultira neočekivanim problemima i nesagledavanjem svih bitnih elemenata, a daljnji razvoj sistema zavisi uglavnom o firme koja je razvila taj unikatni program. Drugi pristup iziskuje malo vremena, ali se oslanja na sisteme koji su razvijeni za određene putne mreže, vrste podataka i način njihovog prikupljanja i specifično postavljene ciljeve, pa njegovo korištenje u drugačijem okruženju, uprkos određenom prilagođavanju, nije dobro rješenje. Treći pristup, koji uključuje kupovinu gotovog softvera za sistem upravljanja a zatim koncentrisanje vremena i aktivnosti na analizu i znanje o konkretnoj putnoj mreži za koju se sistem uspostavlja, predstavlja vjerovatno najbolje rješenje.
Softverski paket HDM (Highway Development and Management - danas verzija HDM 4) je računarski i tehničko-ekonomski model koji služi za vrednovanje i izbor optimalnih varijanti građenja, rehabilitacije i održavanja puteva, sa stajališta minimizacije troškova građenja i održavanja te minimizacije troškova korisnika puteva, radi razvoja i upravljanja putevima. Ovaj paket se upotrebljava u svim republikama bivše SFRJ i daje prihvatljive i zadovoljavajuće rezultate. Posljednjih godina, mnoge industrijski razvijene zemlje počele su se koristiti HDM modelom kao alatom za ispravno upravljanje svojim putevima, što za rezultat ima potrebu za proširenjem njegovih mogućnosti (npr. uzimanje u obzir pri analizama uticaja zagušenja saobraćaja, uticaja hladne klime, okoline, mogućnost proračuna bezbjednosti puta, mogućnost analiziranja šireg raspona tipova i struktura kolovoza, itd.). Svaku grupu ulaznih podataka analizira i obrađuje određeni podmodel HDM-4 modela, te kao rezultat daje određene izlazne podatke. Analize strategija građenja, rehabilitacije i održavanja puteva obavljaju se pomoću podprograma za ekonomske analize.
Podmodeli HDM-4 su:

- Podmodel oštećivanja kolovoza i učinaka održavanja
- Podmodel troškova korisnika puta
- Podmodel socijalnih troškova i troškova zaštite čovjekove okoline

Podprogrami za ekonomske analize HDM-4:

- Analiza na razini projekta (Project Analysis)
- Analiza programa radova (Programme Analysis)
- Analiza na razini putne mreže – strateško planiranje (Strategic Planning)

Softver kanadske firme Deighton dTIMS CT (u Evropi poznati i pod nazivom VIAPMS) može se ocijeniti optimalnim rješenjem za uspostavu sistema upravljanja putevima, tim prije što se radi o softveru koji se može koristiti za različitu putnu infrastrukturu, a ne samo za kolovoze. Sastoji se od 21 integrisanog modula, a danas se isporučuje u četiri različita paketa (opšti, održavanje, investicije, uptavljenje). Navedeni softver omogućava primjenu individualnih rješenja - različito koncipiranih sistema upravljanja za različite vrste korisnika, prilagođene potrebama pojedinih upravljača puteva i koristi one podatke o putevima kojima pojedini upravljači raspolažu. Upravljanje bazama podataka je centralizovano (SQL Server ili Access); postoji veza sa vanjskim bazama podataka i uveden je lokacijski referentni sistem. Kroz analizu životnog vijeka puta (Life Cycle Cost Analysis) generišu se različite strategije i vrši optimizacija po bilo kojem od odabranih parametara.

4. STANJE U BOSNI I HERCEGOVINI

Najvažniji segmenti putne mreže u Bosni i Hercegovini su magistralni i regionalni putevi a upravljačke nadležnosti se nalaze na više različitih nivoa, bez institucionalizovane koordinacije upravljanja. Iskustva iz posljednje decenije pokazuju da je došlo do značajnih promjena u orijentaciji saobraćajnih tokova, dijelovi nekadašnjih regionalnih puteva preuzimaju na sebe veće saobraćajno opterećenje i značaj na mreži.

Upravljači puteva u BiH, Javno preduzeće Putevi RS, Javno preduzeće Direkcija cesta FBiH, Javno preduzeće Direkcija autocesta FBiH i Javno preduzeće Autoputevi RS, odgovorni su za planiranje, finansiranje, izgradnju, rekonstrukciju, održavanje i zaštitu magistralnih i regionalnih puteva, kao i za pripremu programa razvoja putne mreže i finansijskih planova i realizaciju direktiva nadležnih ministarstava.
Zakonske obaveze proistekle iz člana 4, 13 stav 2 i 23 Zakona o bezbjednosti saobraćaja na putevima BiH nalažu upravljačima puteva da organizuju i trajno kontrolišu stanje puteva, o tome vode evidenciju i kontinuirano obavještavaju javnost o stanju puteva.
Članom 16 i 33 Zakona o javnim putevima RS (a slično je normirano i u FBiH) su takođe definisane obaveze upravljača puteva u pogledu evidencije, obavještavanja ali i ostalih poslova koji omogućavaju nesmetan i bezbjedan saobraćaj na javnim putevima.
Upravljači putevima u Bosni i Hercegovini (magistralnih i regionalnih) imaju prikupljene podatke o putevima (bazu podataka), uveden je sistem prikupljanja podataka o veličini saobraćaja (brojanje) i svu opremu za snimanje ključnih površinskih i strukturnih karakteristika puteva (deflektograf, profilograf) kao i usvojeno uputstvo o intenzitetu i vremenskom intervalu snimanja podataka.
Upravljači putevima u Bosni i Hercegovini nemaju pravu sliku stanja puteva, jer nije razvijena metodologija kojom bi se postojeći podaci mogli vrednovati, uporediti i predstaviti.

5. ZAKLJUČAK

Zadatak svakog sistema upravljanja je da pruži uvid u popis i lokaciju imovine, početnu i trenutnu vrijednost imovine, bezbjednost i nivo usluge, kao i da odredi veličinu potrebnih ulaganja da bi imovina nakon planskog razdoblja bila u očekivanom (zahtijevanom) stanju.
Sistem upravljanja kolovozima samo je jedan dio sistema upravljanja putevima. Tek objedinjavanje svih dijelova sistema može dati optimalne rezultate pri određivanju strategije održavanja na nivou putne mreže.
Ogromna finansijska sredstva uložena u izgradnju vremenom ne samo da trebaju biti sačuvana, već trebaju donositi dobit, a sistem upravljanja treba dati odgovore na pitanja koliko, kada, kako i gdje ulagati.
Iako ne postoji obaveza javnog predstavljanja ocjene stanja putne mreže u javnosti se odavno spekuliše sa podacima. Različite institucije, od Savjeta za bezbjednost saobraćaja, preko profesionalnih udruženja do pojedinaca daju veoma oprečne ocjene o stanju putne mreže.
Sama državna uprava, preko javnih preduzeća zaduženih za upravljanje putevima, ne obezbjeđuje dovoljno finansijskih sredstava za kvalitetno građenje i održavanje putne mreže pa nije ni zainteresovana za prikupljanje i objavljivanje takvih podataka. Takođe, javnim objavljivanjem integrisanih podataka o stanju putne mreže mogla bi se pratiti i ocenjivati efikasnost te efektivnost rada upravljača putevima.
A veliko je pitanje da li neko to stvarno želi.
Zato, **CILJ** profesionalaca u oblasti upravljanja putevima, asocijacija civilnog društva ali i državnih instituacija mora biti **JAVNO, REDOVNO I ISTINITO OBJAVLJIVANJE PODATAKA O STANJU PUTNE MREŽE**: Tek tada ćemo biti svjesni kolika finansijska sredstva i u koju svrhu se troše kroz različite procedure u upravljanju putevima i koji se realni rezultati mogu dobiti za nivo sredstava koji se obezbjeđuje.

Literatura

[1] 2008. *European cooperation in the field of scientific and technical research,* COST Action 354- Perfomance Indicators for Road Pavements

[2] Keller, M. 2012. *Dovršen projekt uvođenja sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta*, HAD, Zagreb

[3] Paterson W.D.O, Watanada T. et alt.: *The Highway Design and Maintenance Standards Model,* The Johns Hopkins University, USA 1987;

[4] Queiroz, C. 1981: *Performance Prediction Models for Pavement Management in Brazil*. Ph.D dissertation. The University of Texas at Austin.

[5] Rukavina, T.; Ožbolt, M. 2009. *Sustav gospodarenja kolnicima -prikupljanje podataka*, Gospodarenje prometnominfrastrukturom, Zagreb.

[6] Weninger-Vycudil A., Samek A., Rohringer T. 2008. *Section based probabilistic performance prediction*, Proceedings of the 3rd European pavement&asset management conference, Portugal.

INTELIGENTNO UPRAVLJANJE KONTROLOM PRISTUPA NA SAOBRAĆAJNICAMA VISOKOG RANGA

Miroslav Božović[1], Aleksandar Jovanović[21], Nenad Milutinović[3]
[1]Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija, Kosovska 8, 34000 Kragujevac, Srbija, borjanin@gmail.com
[2]Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija, Kosovska 8, 34000 Kragujevac, Srbija, caki1987@gmail.com
[3]Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija, Kosovska 8, 34000 Kragujevac, Srbija, nenadmilu@yahoo.com

Sažetak: *U ovom radu dati su predlozi modela za upravljanje ramp meteringom. "Ramp meter" je uređaj koji pomoću svetlosnih signala (samo crveno i zeleno svetlo) reguliše ulivni tok na glavnu saobraćajnicu u odosu na trenutnu saobraćajnu situaciju. Ovakvim upravljanjem treba smanjiti zagušenja u glavnom toku, povećati brzinu saobraćajnog toka i kapacitet glavne saobraćajnice. U radu su predložena tri modela koja bliske rampe stavljaju u jedan funkcionalan sistem. Prvi model se bazira na formulisanju zadatka linearnog programiranja, gde se kao ulazni podaci uzimaju kombinacije podataka dobijenih sa detektora i unapred definisanih veličina (maksimalni dozvoljeni red vozila na rampi). Drugi model bazira se na podacima sa detektora koji se iskazuju kao odnos saobraćajnih zahteva i kapaciteta. Ovi podaci predstavljaju ulaz u neuronsku mrežu. Treći model se bazira na fazi logici. Izlazi iz predloženih modela predstavljaju broj vozila na čas koja se ulivaju u glavni tok sa svake od rampi. Modeli su testirani na primeru i rezultati su prikazani u radu.*

Ključne reći: *Saobraćajnica, saobraćajni tok, ramp metering, linearno programiranje, neuronska mreža, fazi logika.*

1. UVOD

Zemlje širom sveta ulažu znatna sredstva u pokušaju smanjenja zagušenja na glavnim gradskim arterijama zbog negativnog uticaja na bezbednost saobraćaja, životnu sredinu i, uopšte, na kvalitet života ljudi (buka, stres). Kako izgradnja novih kapaciteta nije uvek moguće rešenje zbog urbanističkih i ekonomskih ograničenja, potrebno je iznaći neka druga rešenja.

"Ramp metering" ima za zadatak da poboljša uslove odvijanja saobraćaja tako što reguliše ulazne tokove na rampama u cilju povećanja Nivoa Usluge (LOS) na saobraćajnicama visokog ranga. "Ramp metering" može da vrši upravljanje na osnovu istorijskih podataka za određeni period dana (jutarnji vršni čas, popodnevni vršni čas, i sl.) i takav tip upravljanja se naziva "*fix time*". Postoji i upravljanje na osnovu podataka sa detektora postavljenih u zonama rampi, gde je reč o "*real-time*" upravljanju.

Ovaj rad se bavi povećavanjem efikasnosti rada "ramp meteringa" kroz razvijanje i analizu modela baziranih na lineranom programiranju i aproksimativnom rezonovanju (neuronske mreže i fazi logika). Sve dok zahtevi na svim delovima glavne saobraćajnice ne pređu njen kapacitet i dok nije narušen osetljiv odnos zahteva i kapaciteta na delu glavne saobraćanice neposredno posle ulazne rampe, "ramp metering" je ispunio svoj zadatak. Modeli razvijeni u ovom radu uzimaju u obzir uticaj bliskih rampi na glavnu saobraćajnicu i imaju za zadatak da jedan takav sistem, koji je komplikovan sa upravljačkog aspekta, stave u funkcionalno stanje. Ovakav slučaj je, pre svega, karakterističan za glavne saobraćajnice u velikim gradovima.

Različit broj modela upravljanja "ramp meteringom" je razvijen od strane brojnih istraživača. Upravljanje pomoću detektora u realnom vremenu moguće je naći u većem broju radova, čiji se modeli baziraju na strategiji odnosa zahteva i kapaciteta: (*Masher et al.,* 1975; *Papageorgiou et al.,* 1991, 1998; *Zhang et al.,*1996; *Kotsialos et al.,* 2002; *Hegyi et al.,* 2002; *Smaragdis* and *Papageorgiou*, 2003; *Smaragdis et al.,* 2004).

Pristup aproksimativnim rezonovanjem u upravljanju ramp meteringom moguće je naći u sledećim radovima: (*Chen,*1990; *Meldrum* and *Taylor,* 1995; *Taale et al.,* 1996; *Wei* and *Wu*, 1996; *Zhang* and *Ritchie*, 1997; *Vukanović* and *Ernhofer,* 2006; *Taylor et al.,* 2007).

Jedan širi pregled modela moguće je naći u preglednom radu (*Papageorgiou and Papamichail,* 2008).

Ovaj rad je organizovan na sledeći način: Prvo poglavlje bavi se uvodnim razmatranjima i prikazom dosadašnjih istraživanja iz predmetne oblasti. Drugo poglavlje, koje predstavlja glavni doprinos rada, je posvećeno razvijanju modela za upravljanje ramp meteringom. U njemu je definisan problem ramp meteringa, kao i ulazne i izlazne veličine za modele koji se predlažu. U trećem poglavlju modeli su testirani na numeričkom

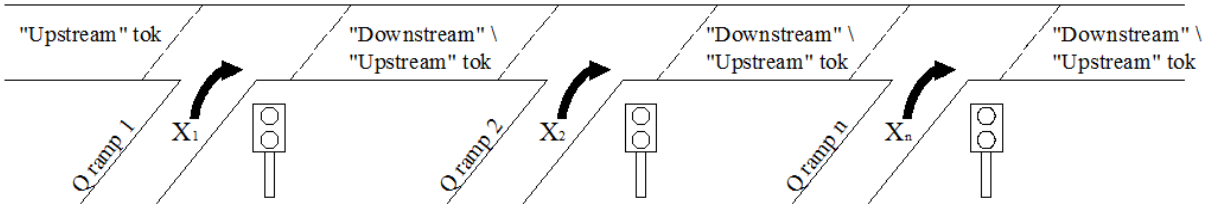
[1] Autor zadužen za korespodenciju: caki1987@gmail.com

primeru. Četvrto poglavlje se bavi zaključnim razmatranjima, diskusijom dobijenih rezultata i pravcima budućih istraživanja.

2. MODELI ZA UPRAVLJANJE RAMP METERINGOM

Upravljanje saobraćajem pomoću ramp meteringa nije nova ideja. Još ranih 60tih godina prošlog veka su korišćene razne varijante ove ideje u Detroitu, Njujorku i Čikagu. Razvojem novih matematičkih aparata proširile su se i mogućnosti za efikasnije upravljanjem ovim sistemom. U ovom radu predlažu se modeli zasnovani na fazi logici i neuronskim mrežama kao aproksimativnim metodama i model zasnovan na linearnom programiranju, koji predstavlja optimizacijonu metodu.

U cilju razrade predloženih modela glavna saobraćajnica je podeljena u više zona u odnosu na položaj i broj rampi. Zona pre dolaska na prvu rampu predstavlja “upstream“ tok. Zona između prve i druge rampe u nizu za prvu rampu predstavlja “downstream“ tok, dok za drugu rampu predstavlja “upstream“ tok (slika 1.). Ovakva vrsta zavisnosti omogućava upravljanje sistemom više lokalnih rampi, stavljajući ih u jednu funkcionalnu celinu.



Slika 1. *Ulazne i izlazne promenljive kod koncepta problema ramp meteringa*

Kapacitet glavne saobraćajnice se računa pomoću novoklasičnog postupka, prema kome je:

$$C = V_C \cdot g_C \tag{1}$$

gde su:

C - kapacitet saobraćajnice,
V_C - brzina saobraćajnog toka pri kapacitetu,
g_C - gustina saobraćajnog toka pri kapacitetu.

Kako bi se dobio kapacitet saobraćajnice u realnom vremenu sa detektora se prikupljaju podaci o brzini saobraćajnog toka. Iz toga sledi da je:

$$C_{real} = V_{det} \cdot g_C \tag{2}$$

gde su:

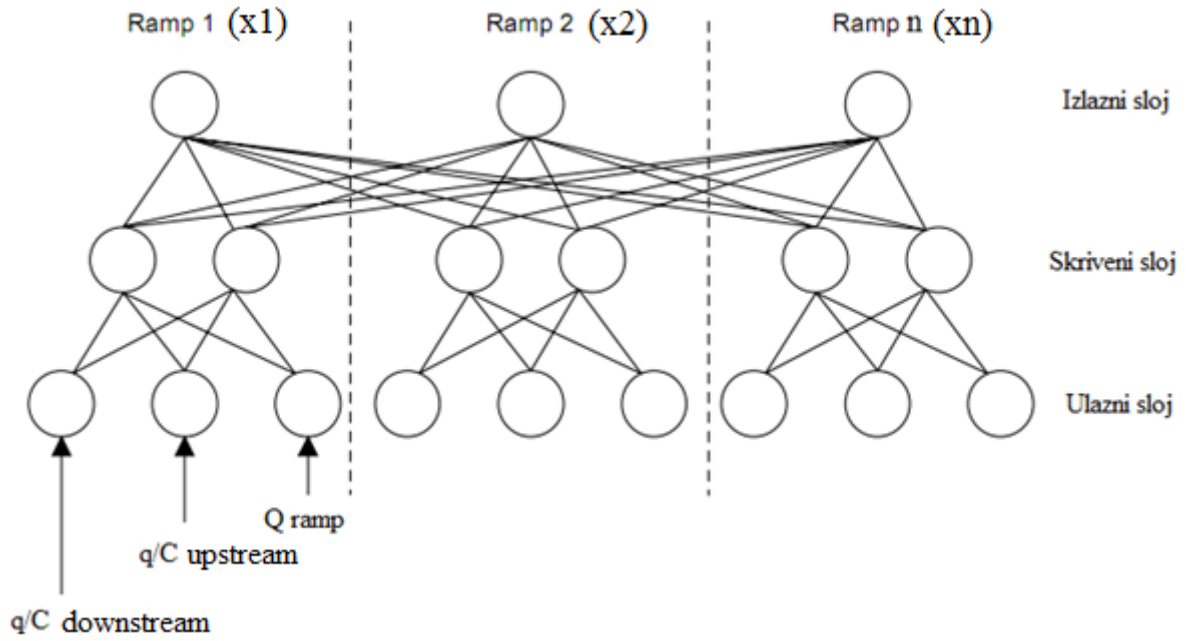
C_{real} - kapacitet saobraćajnice u realnom vremenu,
V_{det} - brzina saobraćajnog toka dobijena na osnovu podataka sa detektora.

Odnos toka (“upstream“ ili “downstream“) i kapaciteta glavne saobraćajnice u realnom vremenu (q/C_{real}) predstavlja prvu ulaznu veličinu. Drugu ulaznu veličinu predstavlja broj vozila koja čekaju da se uključe u glavni tok (Q_{ramp}). Izlazna veličina je određena brojem vozila koji svaka od rampi propusti u jedinici vremena (X).

2.1. Model zasnovan na neuronskoj mreži

Veštačke neuronske mreže imaju sposobnost da uče iz podataka koji se prikupljaju sa detektora postavljenim u zonama rampi. Sistem koji se sastoji od glavne saobraćajnice i prilaznih rampi podeljen je u zone (slika 1.). Podaci koji predstavljaju ulaz u neuronsku mrežu su odnosi q/C i broj vozila koja čekaju u redu kako bi bila opslužena (Q_{ramp}). “Metering rate” (broj vozila koji rampa propušta u jedninici vremena) je u direktnoj zavisnosti od odnosa q/C izmerenog u blizini rampe, mada nije zanemarljiva ni njegova zavisnost od ovog odnosa koji se meri na ostalim delovima glavne saobraćajnice. U tom smisli korišćena je delimično povezana neuronska mreža prikazana na slici 2.

Ovakva neuronska mreža sadrži različite podmreže, za svaku rampu po jedna, gde je svaki podsistem povezan sa ostalim podsistemima pomoću skrivenog sloja. “Backpropagation” algotitam je iskorišćen kako bi neuronska mreža bila obučavana relevantnim podacima.



Slika 2. *Struktura neuronske mreže za “ramp metering” problem*

Neuronsku mrežu potrebno je stalno obučavati novim podacima, čime se stvara jedna kontrolna strategija zasnovana na podacima iz sistema u realnom vremanu. Ovakva strategija kako vreme prolazi postaje sve sposobnija da upravljanje “ramp meterinngom” dovede u željeno stanje.

Neuronska mreža je razvijena u programskom jeziku “MATLAB” (Version: 7.10), odnosno korišćenjem: “Neural Network Tool – nntool”.

2.2. Model zasnovan na fazi logici

Uobičajno je da različiti matematički modeli koriste razne formule i jednačine kako bi rešili neke od problema. Međutim, kada se rešavaju realni problemi, kakav je problem upravljanja “ramp meteringom”, često od veće koristi može biti subjektivno ekspertsko znanje, iskazano kroz lingvističke promenljive, nego klasnične matematičke tehnike.

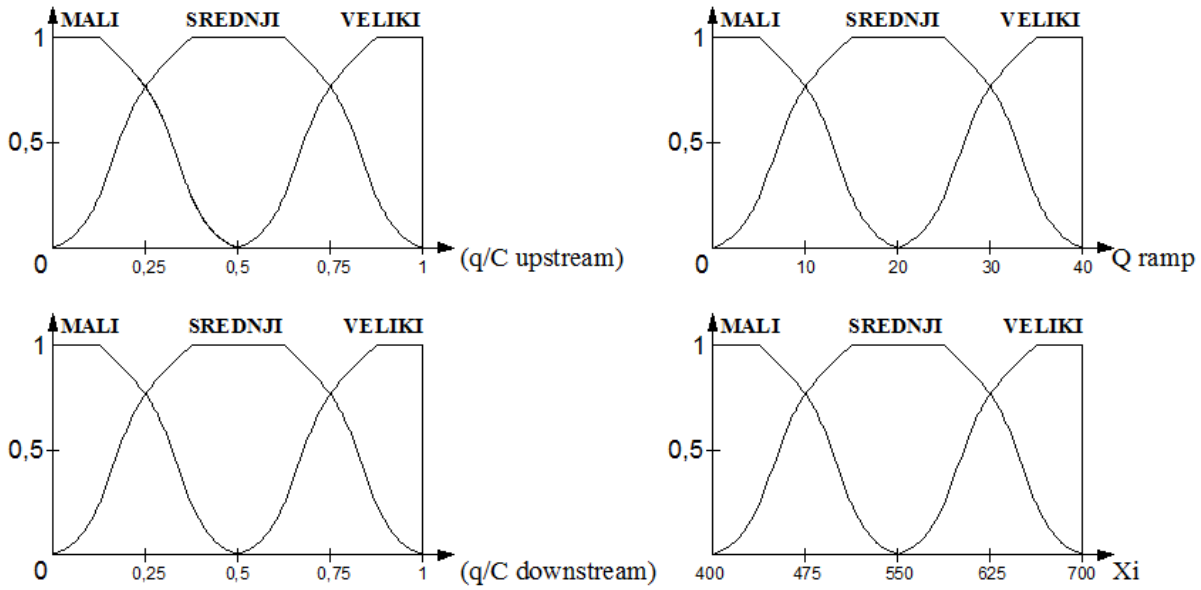
Veliki broj parametara koji figuriraju u saobraćajnim problemima imaju karakteristike neizvesnosti, subjektivnosti, dvosmislenosti, ili čak impresije. Policajac koristi svoje subjektivno znanje pri upravljanju saobraćajnim tokovima na raskrsnici, kao što i dispečari u kontrolnim centrima koriste svakodnevno stečeno iskustvo pri donošenju odluka, itd. Dakle, subjektivni pristup u upravljanju saobraćajnim procesima ne može biti zanemaren.

Kompleksna struktura za upravljanje, koju čini sistem saobraćajnica visokog ranga, odlikuje se nelinearnošću i nestacionarnim stanjima, što je čini teškom za modelovanje. Tradicionalni modeli su u tolikoj meri dobri koliko jedan nelinearan problem mogu da svedu na linearan. Fazi logika se čini veoma pogodnom pri rešavanju problema upravljanja “ramp meteringom”.

Uspostavljanje fazi logičkog sistema u funkciji problema “ramp meteringa” sastoji se iz tri glavne faze. Prvi blok unutar fazi logičkog kontrolera je fazifikacija. Definisana su tri fazi skupa (q/C “upstream”, q/C “downstream” i Q_{ramp}) kao ulazne veličine i jedan fazi skup kao izlazna veličina (X). Svaki od fazi skupova poseduje po tri lingvističke promenljive (mali, srednji i veliki) sa svojim stepenima pripadnosti koji su određeni gausovim funkcijama (slika 2.). Druga faza podrazumeva formiranje baze fazi pravila (tabela 1.), koja predstavlja “srce” fazi logičkog sistema. U osnovi, lingvistički kontroler sadrži bazu fazi pravila sledećeg formata:

IF <premisa 1> AND <premisa 2> AND <premisa 3> THEN <konsekvenca> (3)

Poslednja faza, defazifikacija, kao izlazni rezultat daje veličinu koja nije fazi. Ona predstavlja borj vozila koji svaka od rampi propusti u jedinici vremena.



Slika 2. *Ulazne i izlazne veličine u fuzzy logički sistem*

Ulazne promenljive q/C uzimaju opseg od 0 do 1, kako saobraćajni zahtevi ne bi prelazili kapacitet saobraćajnice. Ukoliko dođe do toga da q/C uzme vrednost veću od jednice, rampe se "zatvaraju" i nema puštanja vozila. Broj vozila na rampi, koja čekaju da se uliju u glavni tok, u ovom slučaju kreću se od 0 vozila do 40 vozila, a broj vozila koja se propuštaju u jedinici vremena (u jednom času) od 400 do 700.

Tabela 1. *Baza fazi pravila*

No	if q/c ^{US} is	and q/c ^{DS} is	and Q ramp is	Then X is
1	mali	mali	veliki	veliki
2	srednji	srednji	srednji	srednji
3	veliki	veliki	mali	mali
4	srednji	mali	mali	mali
5	srednji	veliki	veliki	srednji
6	srednji	veliki	srednji	mali
7	mali	srednji	srednji	veliki
8	mali	srednji	veliki	veliki
9	mali	srednji	mali	srednji
10	srednji	veliki	mali	mali

Fazi logički sistem je razvijen u programskom jeziku "MATLAB" (Version: 7.10), odnosno korišćenjem: "Fuzzy logic toolboxes – FIS EDITOR GUI".

2.3. Model zasnovan na linearnom programiranju

Ovaj model zasnovan je na definisanju funkcije cilja tako da se maksimizira broj vozila (X_i) kojima je dozvoljeno da se priključe na glavnu saobraćajnicu na svakoj od rampi u jedinici vremena. Faktor A_i definiše odnos prioriteta svake od rampi. On ima svoju svrhu kako bi stimulisao ili destimulisao pristupne tokove nekih od rampi u sistemu. Funkcija cilja, zajedno sa ograničenjima, ima sledeći oblik:

$$max\ Z = A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + ... + A_n \cdot X_n \quad (4)$$

pod ograničenjima:

$$f_1 \cdot X_1 + f_2 \cdot X_2 + ... + f_n \cdot X_n \le C_{real} \quad (5)$$

$$X_{min} \le X_i \le X_{max} \quad (6)$$

Koristeći podatke sa detektora o broju vozila na “upstream“ i “downstream“ segmentima glavne saobraćajnice u odnosu na svaku od rampi definiše se promenljivi faktor f_i. Ovaj težinski faktor u odnos stavlja jedinstvenu kombinaciju ovde dve veličine, koja ima uticaja na ulivni tok u zoni rampi. Suma proizvoda veličina X_i i f_i ne sme da prelazi vrednost kapaciteta saobraćajnice u realnom vremenu (5). Faktor f_i definiše se na sledeći način:

$$f_i = q \text{ “downstreanm” } / \ q \text{ “upstream”} \tag{7}$$

U odnosu na podatke o redu vozila na svakoj od rampi, kao i na osnovu istorijskih podataka o obimu saobraćaja definišu se minimalne i maksimalne vrednosti izlaznih veličina X_i (6).

Kao softver za rešavanje problema linearnog programiranja korišćen je “WINQSB” (Windows Quantitative Systems for Business), odnosno njegova aplikacija “Linear and Integer Programming”.

3. NUMERIČKI PRIMER

U ovom poglavlju će na numeričkom primeru biti testirani svi predloženi modeli u ovom radu. Ulazni podaci za testiranje dati su tabeli 2. Podaci su izabrani tako da uzmu u obzir kako ekstremne slučajneve u kojima se sistem može naći (grupe podataka 1 i 3), tako i onaj koji predstavljaju neku sredinu između ekstrema (grupa podataka 2).

Svi modeli su testirani na primeru dve uzastopne i bliske rampe. U skladu sa tim podrazumeva se da segment glavne saobraćajnice posle 1 rampe ujedno predstavlja “downstream” tok za prvu rampu i “upstream” tok za drugu rampu.

Tabela 2. *Ulazni podaci za testiranje modela*

Grupa podataka	**1**	**2**	**3**
q/cupstream 1	0,13	0,52	0,83
q/cdownstream 1 q/cupstream 2	0,16	0,61	0,90
q/cdownstream 2	0,21	0,79	0,97
Qramp 1 (voz)	30	18	28
Qramp 2 (voz)	27	20	35
Creal (voz/h)	1500	1200	950

Neuronska mreža je testirana na grupi od 50 podataka koji sadrže ulazne i izlazne veličine. U tabeli 3. dati su izlazni rezultati testiranja svakog od predložena tri modela, odnosno vrednost izlazne veličine (X) kroz broj vozila na čas koja se propuštaju na svakoj od rampi (“metering rate”).

Tabela 3. *Izlazni rezultati za svaki od modela*

Grupa podataka	**Izlaz**	**Modeli**		
		LP	FLS	NN
1	X_1(voz/h)	677	626	604
	X_2(voz/h)	512	611	590
2	X_1(voz/h)	581	524	570
	X_2(voz/h)	409	497	519
3	X_1(voz/h)	510	458	467
	X_2(voz/h)	400	442	430

Diskusija dobijenih rezultata, kroz prednosti i nedostaktke svakog od modela, mogućnosti njihovog poboljšanja i upotreba u realnim uslovima biće predmet razmatranja u sledećem poglavlju.

4. ZAKLJUČAK I DISKUSIJA REZULTATA

Cilj ovog rada je bio da razvojem modela poboljša upravljanje “ramp meteringom”. U tom smislu razvijeni su modeli bazirani na neuronskoj mreži, fazi logici i linearnom programiranju. Svaki od modela je opisan i testiran na 3 grupe ulaznih podataka. Dat je i kraći pregled literature, koja se odnosi na razmatrani problem.

Rezulati dobijeni pomoću neuronske mreže, u odnosu na druge modele, daju u zbiru najmanje vozila na čas koja se propuštaju na rampama. Neuronska mreža ima osobinu da tokom vremena uči na podacima i

poboljšava samu sebe, pa kako vreme prolazi i mreža se “hrani” sve većim brojem podataka, može se očekivati da će model zasnovan na njoj konstantno poboljšavati sistem.

Kod fazi logičkog sistema, ulazni skupovi su definisani tako da veličine q/C uzimaju opseg od 0 do 1. Ukoliko zahtevi prevaziđu kapacitet na nekom delu glavne saobraćajnice, rampe se “zatvaraju” i nema više puštanja vozila. Naravno, moguća je kalibracija ovih vrednosti u skladu sa konkretnim uslovima lokacije na kojoj se model primenjuje. Moguće je i povećati opseg veličina q/C preko 1 (do 1,2 npr.) ukoliko je potrebno ne zaustavljali priključenje tokova sa rampi.

U ovom radu kriterijum za vrednovanje rešenja, koja su generisana pomoću predloženih modela, bio je broj vozila koja se propuštaju na rampama. Drugim rečima, bolje je ono rešenje koje daje veću prosečnu vrednost izlazne veličine, a da se pritom ne naruši odnos q/C na glavnom toku. U budućim istraživanjima kriterijumska funkcija bi u sebi mogla da sadrži prosečne vremenske gubitke vozila u glavnom toku, prosečne vremenske gubitke svih vozila u sistemu, prosečnu brzinu glavnog toka, ili neku od kombinacija ovih veličina.

U test primeru u obzir je uzeto upravljanje dve bliske rampe, ali modeli pružaju i mogućnost upravljanje sa više rampi. Bilo bi korisno videti razlike između predloženih modela u ovom radu i nekih drugih, koji su u primeni u praksi. Drugi pravac budućih istraživanja mogao bi biti razvoj jednog novog hibridnog modela fazi logike i neuronskih mreža, koji bi iskoristio prednosti oba modela i doprineo još boljem upravljanju kontrole pristupa na saobraćajnicama visokog ranga.

Literatura

[1] Masher, D.P., Ross, D.W., Wong, P.J., Tuan, P.L., Zeidler, P.L., Peracek, S., (1975). Guidelines for design and operating of ramp control systems. Standford Research Institute, SRI, Menid Park, CA.

[2] Papageorgiou, M., Haj-Salem, H., Blosseville, J.M., 1991. ALINEA: a local feedback control law for on-ramp metering. Transportation Research Record 1320, 58–64.

[3] Papageorgiou, M., Haj-Salem, H., Middelham, F., 1998. ALINEA local ramp metering: summary of field results. Transportation Research Record 1603, 90–98.

[4] Smaragdis, E., Papageorgiou, M., 2003. A series of new local ramp metering strategies. Transportation Research Record 1856, 74–86.

[5] Smaragdis, E., Papageorgiou, M., Kosmatopoulos, E., 2004. A flow-maximizing adaptive local ramp metering strategy. Transportation Research B 38 (3), 251–270.

[6] Kotsialos, A., Papageorgiou, M., Mangeas, M., Haj-Salem, H., 2002. Coordinated and integrated control of motorway networks via nonlinear optimal control. Transportation Research C 10 (1), 65–84.

[7] Hegyi. A., De Schutter, B., Hellendoorn, J., (2003). MPC-based optimal coordination of variable speed limits to suppress shock waves in freeway traffic. In: Proceedings of the 2003 American Control Conference, Denver, Colorado, USA.

[8] Zhang, H., S.G. Ritchie, S.G., Recker; W.W., 1996. Some General Results on the Optimal Ramp Control Problem. Transportation Research C 4 (2), 51-69.

[9] Meldrum, D. R. and Taylor, C. E., (1995). Freeway traffic data prediction using artificial neural networks and development of a fuzzy logic ramp metering algorithm. Final technical report. National Technical Information Service, 5301 Shawnee Road Alexandria, VA 22312 USA, 118 p.

[10] Taylor, C., Meldrum, D., Jacobson, L., 2007. Fuzzy Ramp Metering: Design Overview and Simulation Results. Transportation Research Record 1634, 10-18.

[11] Chen. L.L., 1990, Freeway ramp control using fuzzy set theory for inexact reasoning. Transportation Research A 24 (1), 15-25.

[12] Vukanović, S., Ernhofer, O., (2006). Field evaluation of the fuzzy logic based ramp metering algorithm ACCEZZ. In: Preprints 11th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, Delft, The Netherlands.

[13] Papageorgiou, M. and Papamichail, I., 2008. Overview of Traffic Signal Operation Policies for Ramp Metering. Transportation Research Board 2047, 28-36.

[14] Wei, C.H. and Wu K.Y., 1996. Applying an Artificial Neural Network Model To Freeway Ramp Metering Control. Transportation Planning Journal 25 (3), 335-355.

[15] Zhang, H. and Ritchie, S.G., 1997. Freeway Ramp Metering Using Artificial Neural Networks. Transportation Research C 5 (5), 273-286.

[16] Taale, H., Slager, J., Rosloot, J., (1996). The Assessment of Ramp Metering Based on Fuzzy Logic; 3rd ITS World Congress in Orlando.

BAZA PODATAKA O KLIZIŠTIMA NA PUTEVIMA SRBIJE

Branko Jelisavac[1], Svetozar Milenković[2], Milovan Jotić[3]
[1] *Institut za puteve ad Beograd, instput@highway.rs*
[2] *Geomonitoring tim Beograd, tozony@gmail.com*
[3] *Institut za ispitivanje materijala IMS, mjotic@hotmail.rs*

Rezime: *Brojna aktivna klizišta, registrovana u zoni puteva, ugrožavaju bezbedno odvijanje saobraćaja a njihova sanacija iziskuje značajna finansijska sredstva. Baza podataka o klizištima na putevima Srbije, na čijem formiranju se radi više od deset godina, ima za cilj evidentiranje i redovno ažuriranje informacija o kilizištima i drugiim pojavama nestabilnosti. Ovo dalje omogućava blagovremeno, potpuno i tačno informisanje nadležnih institucija o broju pojava, stanju aktivnosti, stepenu ugroženosti saobraćajnica (hazard i rizik). Baza daje rejting pojava na osnovu čega se planiraju aktivnost i sredstva za održavanje, detaljnija istraživanja i preduzimanja sanacionih mera kao i informisanje učesnika u saobraćaju.*

Ključne reči: *klizišta, putevi, baza podataka, održavanje, sanacija.*

1. UVOD

Poslednjih nekoliko decenija posebno značajno polje istraživanja i delovanja savremene geotehnike predstavlja i metodološki pristup izučavanju procesa kliženja terena sa aspekta prognoze razvoja procesa i njegovih mogućih posledica na nekom području. U skladu sa tim, procene hazarda i rizika od kliženja terena u mnogim zemljama čine sastavni deo geoteh- ničke dokumentacije za potrebe planiranja, projektovanja novih i održavanje postojećih puteva.

U Srbiji, (prema informacijama autora, slično je i u zemljama u regionu) pored toga što izostaje kontinuitet prikupljanja podataka o klizištima, izostaje i adekvatna upotreba tih podataka kroz mogućnost procene materijalnih šteta u smislu metodološkog pristupa. Takođe, kao konstanta, javlja se i nepostojanje institucija koje bi centralizovano prikupljale, sistematizovale, obrađivale i trajno arhivirale prikupljene podatke.

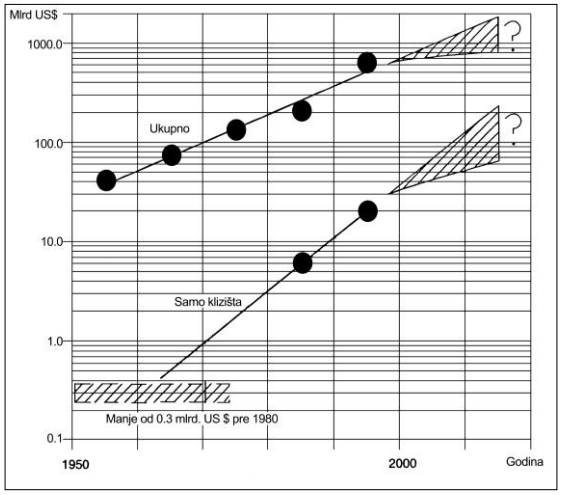
2. POTREBA IZRADE BAZE PODATAKA KLIZIŠTA

Kliženje kao jedan od najčešćih padinskih gravitacionih procesa nastaje uglavnom kao rezultat delovanja brojnih prirodnih činilaca od kojih su svakako najvažniji morfologija terena, geološka građa, karakteristike površinskih pokrivača, klimatski režim, uz isto- vremeno delovanje tehnogenih faktora. Klizišta, kao manifestacija i direktna posledica ovog procesa, u najvećem broju slučajeva, uzročno su vezana za plansko ili stihijsko i direktno ili indirektno narušavanje prirodne ravnoteže. Da bi proces planiranja, projektovanja, izgradnje i eksploatacije objekata infrastrukture bio tehnički korektan, neophodno je poznavanje pri- rodnog stanja stabilnosti terena. Osnovne, grube informacije o stabilnosti terena i rasprostra- njenosti kliznih područja u Srbiji mogu se naći samo na osnovnim geološkim ili inženjersko- geološkim kartama, u razmeri 1:100000, koje po svom sadržaju i ažurnosti ni izbliza ne mogu da zadovolje nivo detaljnosti koji je neophodan za upravljanje hazardom od klizišta na putnoj mreži Srbije.

U cilju normalnog odvijanja saobraćaja, za sanaciju klizišta i drugih vidova nestabilnosti padina, godišnje se odlivaju velika materijalna sredstva. U Srbiji za sada ne postoje sistematizovani podaci pojavama, a naročito o materijalnim štetama na nivou bilo koje administrativne nacionalne službe, ili ukoliko ih ima najčešće nisu na odgovarajući način obrađeni. Nasuprot tome, u razvijenom zemljama postoje kompetentne procene šteta od svakog pojedinačnog prirodnog hazarda, pa tako i klizišta (Slika 1.). U skladu sa tim su i aktivnosti usmerene na smanjenje tih šteta.

Početni korak u ispunjenju ovog zahteva je stručna inženjerskogeološka evidencija i opis pojava nestabilnosti kroz izradu baze podataka o klizištima. Pored sticanja potpunog uvida u veličinu, broj, stanje aktivnosti pojava, stepena ugroženosti objekata i prostora, (te procene nužnosti preduzimanja sanacionih mera), mogu se koncipirati i potrebna geotehnička istraživanja u cilju sanacije terena.

[1] Branko Jelisavac: jelisavac.branko@gmail.com

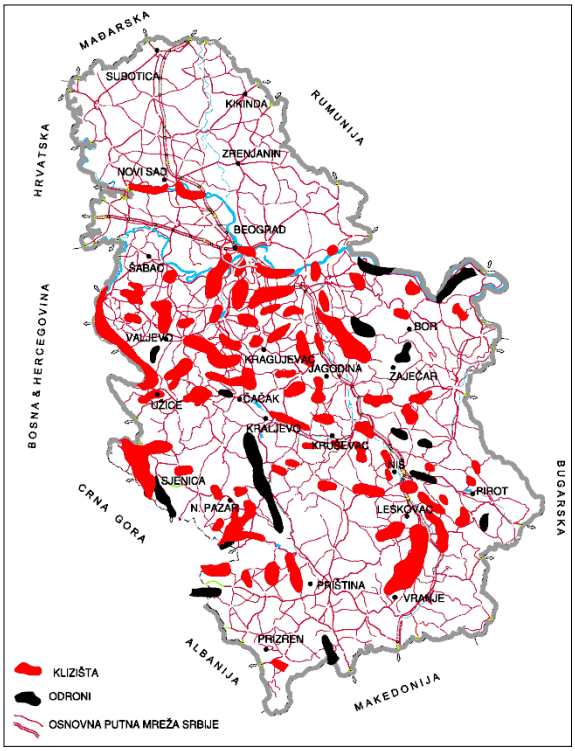


Slika 1. *Dijagram procenjenih materijalnih šteta u SAD za period 1950-2000 sa projekcijom do 2020. godine (Paus, 2004)*

Da bi se odgovorilo na postavljene zahteve i popunila evidentna praznina u procesu projektovanja i održavanja puteva, Institut za puteve je pristupio izradi Baze podataka o nestabilnim terenima na putnoj mreži Srbije. Njena izrada zasniva se na sugestijama, preporukama i standardima Svetske putarske asocijacije AIPCR, odnosno Tehničkog komiteta za zemljane radove, drenaže i posteljice puteva - PIARC. Ističemo činjenicu da je završna verzija uputstva nastala kao rezultat široke međunarodne ankete o pitanjima registracije pojava nestabilnosti, praćenja stanja aktivnosti kao i procene potencijala hazarda i rizika.

Cilj oformljenja i redovnog ažuriranja Baze je da se omogući:

- blagovremeno, potpuno i tačno informisanje JP Putevi Srbije, kao nadležne institucije o broju i stanju aktivnosti pojava nestabilnih terena, stepenu ugroženosti saobraćajnica, nužnosti preduzimanja sanacionih mera i drugim karakteristikama nestabilnih terena;
- blagovremeno, potpuno i tačno informisanje učesnika u saobraćaju o stanju saobraćajnica, njihovoj prohodnosti i bezbednosti, što je od vitalnog interesa.



Slika 2. *Pregledna karta stepena razvijenosti procesa kliženja u Srbiji*

3. PRIKAZ KLIZIŠTA NA TERITORIJI SRBIJE

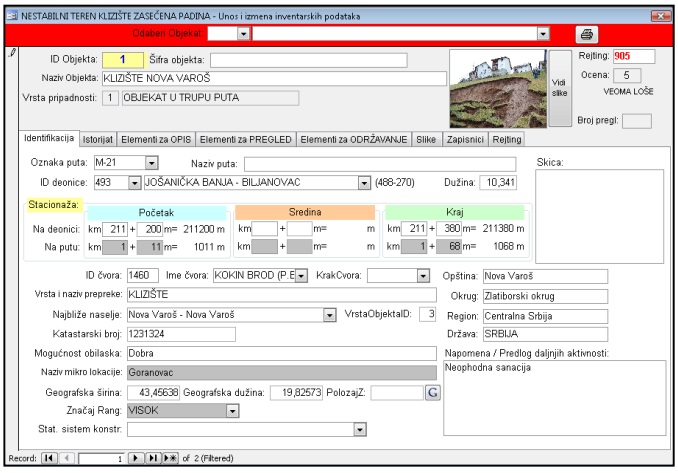
Iako za sada nije tačno utvrđeno, pretpostavlja se da u Srbiji ima nekoliko stotina, vrlo velikih, (aktivnih i teških za sanaciju) i nekoliko desetina hiljada manjih klizišta (Slika 2). Rasprostranjenost ovih, bez daljeg, „prirodnih nepogoda“, posebno je velika u pojedinim delovima Centralne Srbije, u kojima su padine ili već zahvaćene kliženjem i odronjavanjem, ili su labilne (na granici stabilnosti), pri čemu postoji opasnost od formiranja novih klizišta i odrona, kao i njihovih posledica, odnosno šteta.

4. NIVOI I DELOVI BAZE PODATAKA

Baza podataka nestabilnih terena na putevima razvijena je u dva nivoa, i to za nivo pojedinačnih pojava klizišta i za sva registrovana klizišta na nivou mreže. Slike 3. i 4. su preuzete iz aplikacije – softvera, odnosno „Projekta baze podsataka o klizištima” čiji su autori prof.dr Đorđe Uzelac i Zoran Eremija (2012. god.).

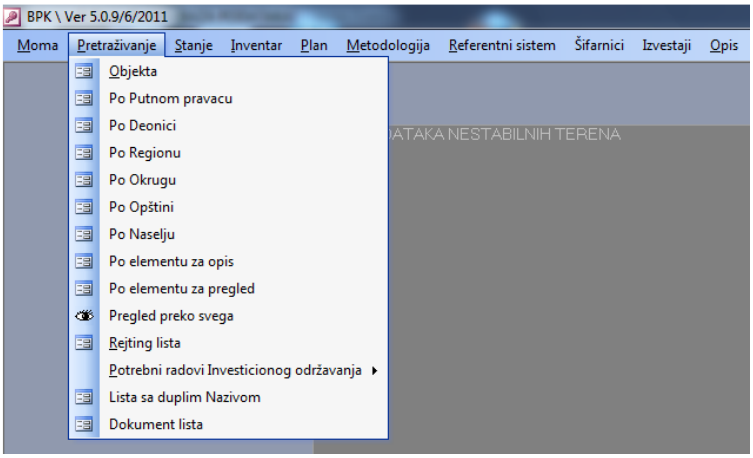
Nivo pojedinačne pojave klizišta podrazumeva informacije koje se odnose na svaku pojedinačnu pojavu, grupisane u sledeće segmente (Slika 3.):

- Inventar klizišta,
- Ocena stanja aktivnosti konstatovanih pojava i
- Procena hazarda i rizika sa rejtingom prioriteta za sanaciju



Slika 3. *Prikaz menija sa identifikacionim podacima pojedinačnog klizišta*

Svi segmenti Baze podataka koji se odnose na pojedinačna klizišta čine njen dosije. Sastavni deo dosijea su i svi Zapisnici o praćenju stanja aktivnosti koji se arhiviraju uz formirani inventarski list, tako da se kontinuirano mogu pratiti sve promene koje se dešavaju na jednom klizištu. Baza podataka nestabilnih terena na nivou mreže predstavlja zbir svih pojedinačnih dosijea utvrđenih pojava.Jednom kada su u bazu uneti svi relevanti podaci o postojećim klizištima, moguće je izvršiti pretraživanje i grupisanje po različitim, već definisanim kriterijumima za pretraživanje (Slika 4.).



Slika 4. *Osnovni kriterijumi za pretraživanje baze podataka*

5. FAZE IZRADE BAZE PODATAKA NESTABILNIH TERENA

5.1. Prva faza - opšta istraživanja

Ova faza predstavlja pripremnu fazu za izradu baze podataka nestabilnih terena, ključnog dokumenta za prevenciju pojave velikih klizišta i za kontrolu troškova održavanja.

U ovoj fazi glavna poenta rada svodi se na:

- prikupljanje dokumentacije i literaturnih podataka koji se odnose na ranije utvrđene i istraživane pojave klizišta i analizu stabilnosti terena,
- pripremu topografskih podloga za registraciju utvrđenih pojava duž trase,
- izradu baze podataka za sva registrovana klizišta,
- terensko rekognosciranje u cilju utvrđivanja trenutnog stanja aktivnosti tih pojava

U prvom koraku je, dakle, potrebno je uraditi kompletnu metodologiju za formiranje i razradu baze podataka i izvršiti njeno testiranje na nekim poznatim klizištima, a zatim nastaviti sa popunjavanjem inventarskih listova, koja su predviđena za registraciju. Nakon popunjavanja inventarskih listova biće neophodno za svako registrovano klizište, izvršiti utvrđivanje stanja trenutne aktivnosti i na bazi utvrđenih konstatacija dati ocenu hazarda i rizika sa predlogom neophodnih mera za sanaciju ili predlogom mera za redovno održavanje.

Da bi se dobio uvid u stanje stabilnosti terena duž mreže postojećih puteva, potrebno je registrovati sva klizišta po jedinstveno utvrđenoj metodologiji na inventarskim listovima, radi formiranja baze podataka nestabilnih terena za čitavu putnu mrežu. Ovi podaci predstavljaju jednu od najvažnijih podloga za analizu kliznog hazarda. Da bi se to uspešno realizovalo potrebno je uprostiti i ubrzati postupak registracije klizišta duž putne mreže, pomoću avionskih snimaka, odnosno detaljne fotogeološke analize, s tim da se nakon toga izvrši terenska provera dobijenih rezultata, stanje njihove aktivnosti i lociraju potencijalno opasna i klizno osetljiva područja.

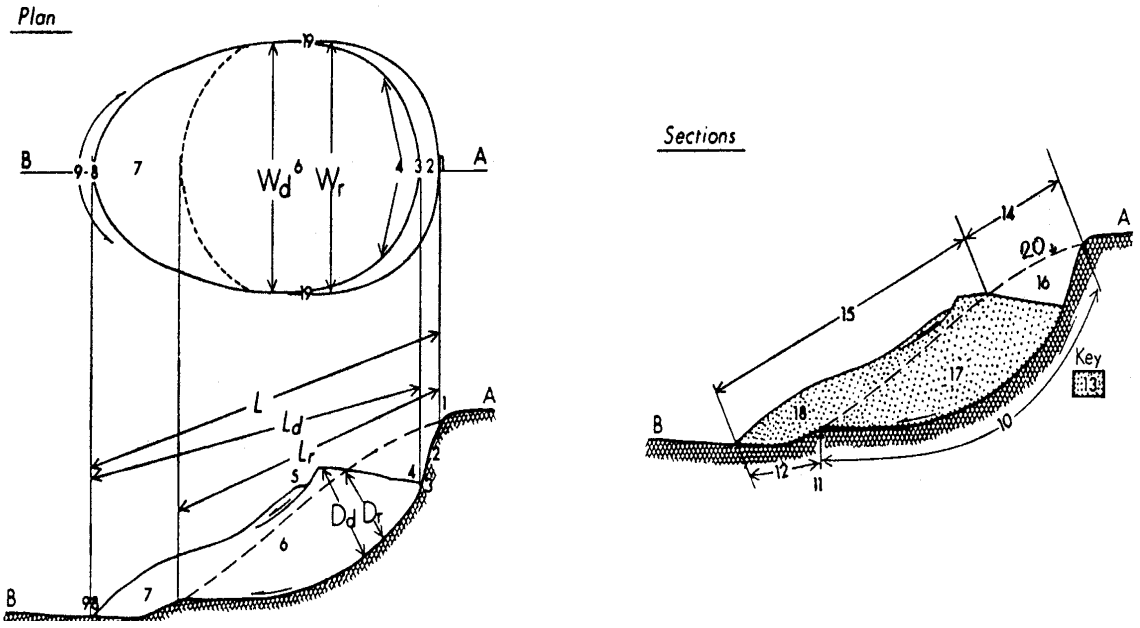
Na bazi ovih ulaznih podataka vrši se analiza veze klizišta i klizno osetljivih područja sa njihovim geografskim rasprostranjenjem i geološkom građom terena, a zatim radi karta klizišta kao inventar trenutnog stanja. U završnom stadijumu prve faze, pristupa se proceni kliznog hazarda i relativnog rizika radi zadovoljavanja potreba planiranja i održavanja postojećih saobraćajnica, a finalni produkt je detaljna karta kliznog hazarda duž trase, sa rejtingom prioriteta za sanaciju. U ovoj fazi rada ne izvode se nikakva terenska istraživanja, već se procena hazarda daje samo na osnovu kvalitativne ocene stanja na terenu i terenskog rekognosciranja.

Sudeći prema svetskim iskustvima koja su u ovoj oblasti sada ne tako mala, smatra se da prikupljanje, selekcija i obrada podataka neophodnih za procenu hazarda na nekom području predstavlja oko 80% cene koštanja i ukupnog vremena koje se potroši tokom čitavog procesa. Upravo zato je i neophodno još u pripremnoj fazi metodološki razraditi sve faze istraživanja i imati jasnu koncepciju i dobru organizaciju, od faze prikupljanja do finalne procene.

5.2. Druga faza - detaljna istraživanja

Tokom ove faze se realno utvrđuje rejting potencijala hazarda i vrši izbor lokacija za instrumentalno praćenje aktivnosti kliznih procesa na prethodno izdvojenim potencijalno opasnim mestima.

U ovoj fazi pristupa se detaljnim istraživanjima, u cilju objektivnije kvantitativne procene potencijala hazarda u potencijalno opasnim ili klizno osetljivim područjima i unutar izdvo- jenih pojedinačnih klizišta. U okviru geotehničkih istraživanja vrši se detaljno inženjersko geološko kartiranje radi definisanja građe terena, geometrije i morfometrijskih elemenata prirodnih padina i klizišta, geoloških i hidrogeoloških karakteristika i određivanje reprezentativnih parametara tla za proračune stabilnosti. Pri kartiranju mogu se koristiti i geofizičke metode istraživanja, ali u kombinaciji sa istražnim bušenjem i istražnim jamama i raskopima, zatim testiranje tla statičkim i dinamičkim opitima i dr. U zavisnosti od detaljnosti istraživanja, mogu se raditi i kvantitativne analize stabilnosti poznatim metodama, a zatim vršiti provere dobijenih rezultata poređenjem sa već registrovanim klizištima.



Slika 5. *Osnovni geometrijski elementi klizišta koji se uzimaju u obzir pri pregledu*

Testiranjem terena unutar koridora postojeće putne mreže dobija se objektivna informacija o stanju stabilnosti na već registrovanim klizištima i korektna procena potencijala hazarda, u prethodno izdvojenim, potencijalno opasnim područjima. Ovakav pristup isključuje faktor iznenađenja, a nadležnim službama u održavanju putne mreže ostavlja dovoljno vremena za preduzimanje preventivnih ili konkretnih sanacionih mera za sprečavanje nekontrolisanog razvoja kliznih procesa. Na prethodno izdvojenim potencijalno opasnim mestima uputno je ugraditi instrumente praćenje aktivnosti i dinamike kliženja (inklinometre, optička vlakna, ekstenziometre, klasične i električne pijezometre).

5.3. Treća faza – monitoring i inspekcija

Ova faza podrazumeva razvoj sistema monitoringa (opažanja, praćenja i blagovremenog upozoravanja na opasnost) u toku izgradnje ili eksploatacije puteva. Osmatranje i praćenje predstavlja vrlo značajnu fazu za realnu ocenu stanja na terenu. Ono se može vršiti preko redovnih i vanrednih inspekcijskih obilazaka terena. Dnevna inspekcija je privremenog karaktera i ona se obično uspostavlja u cilju vizuelne detekcije deformacija na padinama u ranim fazama razvoja kliznog procesa ili njegovog ponovnog aktiviranja i blagovremenog upozorenja nadležnih službi za održavanje u cilju preduzimanja neophodnih bezbedonosnih mera. Stalna inspekcija morala bi da postoji u ukupnom programu održavanja putne mreže. Ona bi naročito bila pojačana, na onim mestima gde se zahteva precizno utvrđivanje i instrumentalno praćenje aktivnosti nestabilnih padina, efektivnost izvedenih sanacionih mera, praćenje promena na padinama u fazi građenja, na potencijalnim klizištima u specifičnim vrstama tla i geološkim sredinama koje po prethodnoj proceni predstavljaju područja visokog rizika ili područja sa evidentnom kliznom aktivnošću. Nivoi inspekcije na putnoj mreži, zavise od više faktora kao što su tip, rangovi i deonice puteva i stanje aktivnosti kliznih procesa na padinama. U svakom slučaju efikasnost monitoringa zavisi od pouzdanosti sistema osmatranja odnosno doslednog poštovanja procedura sistema praćenja nestabilnih terena.

Mogu se uspostaviti i drugi vidovi monitoringa, u zavisnosti od perioda nagoveštene opasnosti, stepena neposredne opasnosti i u toku pojave prvih deformacija. Cilj praćenja mora, dakle biti u funkciji blagovremenog upozoravanja učesnika u saobraćaju, do zatvaranja ili preusmeravanja saobraćaja. Za korektno i dosledno sprovođenje monitoringa potrebno je formirati tehničko uputstvo sa opisom procedura za praćenje različitih pojava nestabilnosti i jasno definisati profil stručnih službi koje će raditi na prikupljanju terenskih informa- cija.Tehničko uputstvo će se uraditi u drugoj fazi rada na razvijanju baze podataka nestabilnih terena, nakon registracije svih klizišta na putnoj mreži Srbije.

6. ZAKLjUČAK

Tokom izrade Baze podataka klizišta i nestabilnih, Institut za puteve iz Beograda je kao nosilac stručnih i tehničkih aktivnosti prihvatio predložene principe i međunarodne dokumente oko kompletnog sadržaja baze podataka u želji da uspostavi moderan, savremen pristup registracije i praćenja aktivnosti klizišta.

Predloženi pristup se razlikuje od većine dosadašnjih pokušaja koji su se obično za cilj imali izradu elementarne dokumentacione osnove, tj. „Katastarskog lista“ kojim se na terenu konstatuje zatečeno stanje, bez jasne vizije o sadržaju celokupne baze i stvaranja preduslova za kontinuiranu obradu klizišta na nivou pojedinačnih pojava i celokupne putne mreže u Srbiji i naravno dalje implementacije rezultata. Pojedini segmenti baze podataka i metodologije izrade su objavljeni na nekoliko stručnih skupova u zemlji i inostranstvu u nameri da se animira šira stručna javnost i da se postigne visok stepen saglasnosti oko jedinstvenog pristupa za registraciju i praćenje aktivnosti klizišta. Smatramo da na tematskim skupovima (kao što je i ovaj) treba pokrenuti ovo pitanje i doneti odluku o potrebi usaglašavanja postojeće terminologije i nomenklature o klizištima sa dokumentima koja važe u svetu i da se u skladu s tim inicira pitanje osavremenjavanja geotehničke teorije i prakse na ovim prostorima.

Literatura

[1] Landslides, 1996. Investigation and mitigation, Special report 247, Transportation Research Bord, National Research Council, National Academy Press, Washington.

[2] Landslides, 1997. Techniques for Evaluating Hazard, World Road Association, PIARC, Technical Committe on Earthworks, Drainage, Subgrade C12.

[3] Rokić, LJ., Vujanić, V., Jotić, M. (2001). Registracija i praćenje aktivnosti klizišta kao osnova za uzradu svetske inventure klizišta. Treći simpozijum o klizištima, D. Milanovc, Zbornik radova, 591- 603.

[4] Vujanić, V., Rokić, LJ., Milenković, S. (2008). The impact of processes occurring on the slopes as regards the civil – engineering structures planning, design and construction, IX Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, Slovenia, 653-660.

[5] Institut za puteve AD Beograd, 2000. Formiranje i razvoj baze podataka nestabilnih terena na putnoj mreži Srbije, Fond Zavoda za gotehniku.

[6] Abolmasov, B. (2007). Vrednovanje parametara geološke sredine u oceni hazarda klizanja terena, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet.

[7] WP/WLI (1990) A Suggested Method for Reporting a Landslides, Bulletin of the International Association of Engineering geology, No. 41, 5-12

[8] WP/WLI (1991) A Suggested Method for a Landslide Summary, Bulletin of the International Association of Engineering geology, No. 43, 101-110

KATASTAR KLIZIŠTA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA SRBIJE

Milovan Jotić[1]
Institut za ispitivanje materijala IMS, e-mail. mjotic@hotmail.rs
Mile Zlatković[2]
JP „Putevi Srbije“, e-mail. zlatmile@gmail.com
Boško Ubiparip[3]
SRK Consulting, e-mail. ubibo@srk.co.za

Rezime: *Na državnim putevima I i II reda, u periodu od 2005. do marta 2014.god. registrovano je približno 340 nestabilnih pojava (klizišta, tecišta, odrona, sipara) različitih dimenzija i stepena aktivnosti. Sve ove pojave imale su za posledicu deformacije na putevima sa otežanim odvijanjem saobraćaja, a na nekim deonicama i do njegovog potpunog prekida i ugrožavanja života ljudi, bezbednosti saobraćaja, sigurnosti putnih, stambenih, privrednih i drugih objekata. Samo tokom 2005. i 2006.god. došlo je do formiranja oko 80 klizišta za čiju sanaciju je bilo potrebno izdvojiti dodatna finansijska sredstva koja nisu bila predviđena budžetom. Ovakvo stanje stabilnosti na putevima nametnulo je potrebu za hitnom izradom katastra klizišta koji bi omogućio Investitoru donošenje pravovremene odluke o prioritetima za sanaciju, kao i kontinuiranom praćenju i upravljanju rizikom od klizišta. Osim toga, katastar klizišta je i argumentovana dokumentaciona osnova za izradu baze podataka o klizištima na državnoj putnoj mreži Srbije. U ovom radu daje se prikaz metodološkog pristupa pri izradi katastra klizišta i drugih nestabilnih pojava na državnim putevima Srbije.*

Ključne reči: *Katastar, klizišta, sanacije, baza podataka.*

1. UVOD

Na osnovu istraživanja po raznim osnovama i za različite potrebe, utvrđeno je, da teritorija Srbije ima mnogo labilnih i nestabilnih terena, koje karakterišu pojave brojnih klizišta, odrona i sipara, različitih dimenzija, mehanizama i stepena aktivnosti, slike 1 i 2, što zadaje velike probleme kod izgradnje i održavanja u eksploataciji objekata, posebno objekata saobraćajne putne infrastrukture.

Na državnim putevima I i II reda, u periodu od 2005. do marta 2014. god., registrovano je približno 340 nestabilnih pojava (klizišta, tecišta, odrona, oštećenja trupa puta), različitih dimenzija i stepena aktivnosti, koje su imale za posledicu otežano odvijanje saobraćaja, a na nekim deonicama i do njegovog potpunog prekida, ugrožavanja života ljudi i sigurnosti objekata.

2. KLIZIŠTA NA TERITORIJI SRBIJE

Procenjuje se, da na teritoriji Srbije ima od nekoliko stotina klizišta, vrlo velikih (aktivnih i složenih za sanaciju), do nekoliko desetina hiljada manjih (aktivnih i umirenih), često sklonih ponovnom aktiviranju. To obilje pojava nestabilnosti je raspoređeno po celoj teritoriji Srbije, ali neravnomerno, (slike 1 i 2). Javljaju se, praktično, u svim geološkim formacijama, kako u planinskim, tako i u brdovitim, pa i blago zatalasanim terenima, posebno na padinama, odnosno obalama većih rečnih tokova: Dunava, Save, Morave, Drine, Ibra, Timoka i dr., u kojima je manje ili više zastupljena glinena komponenta. Najviše ih je po padinama tercijarnih (neogenih), i kvartarnih naslaga, zatim u flišnim i flišolikim tvorevinama, u kristalastim škriljcima, te u dijabaz - rožnoj i dijabaz - tufitskoj seriji, a manje i u ostalim geološkim formacijama.

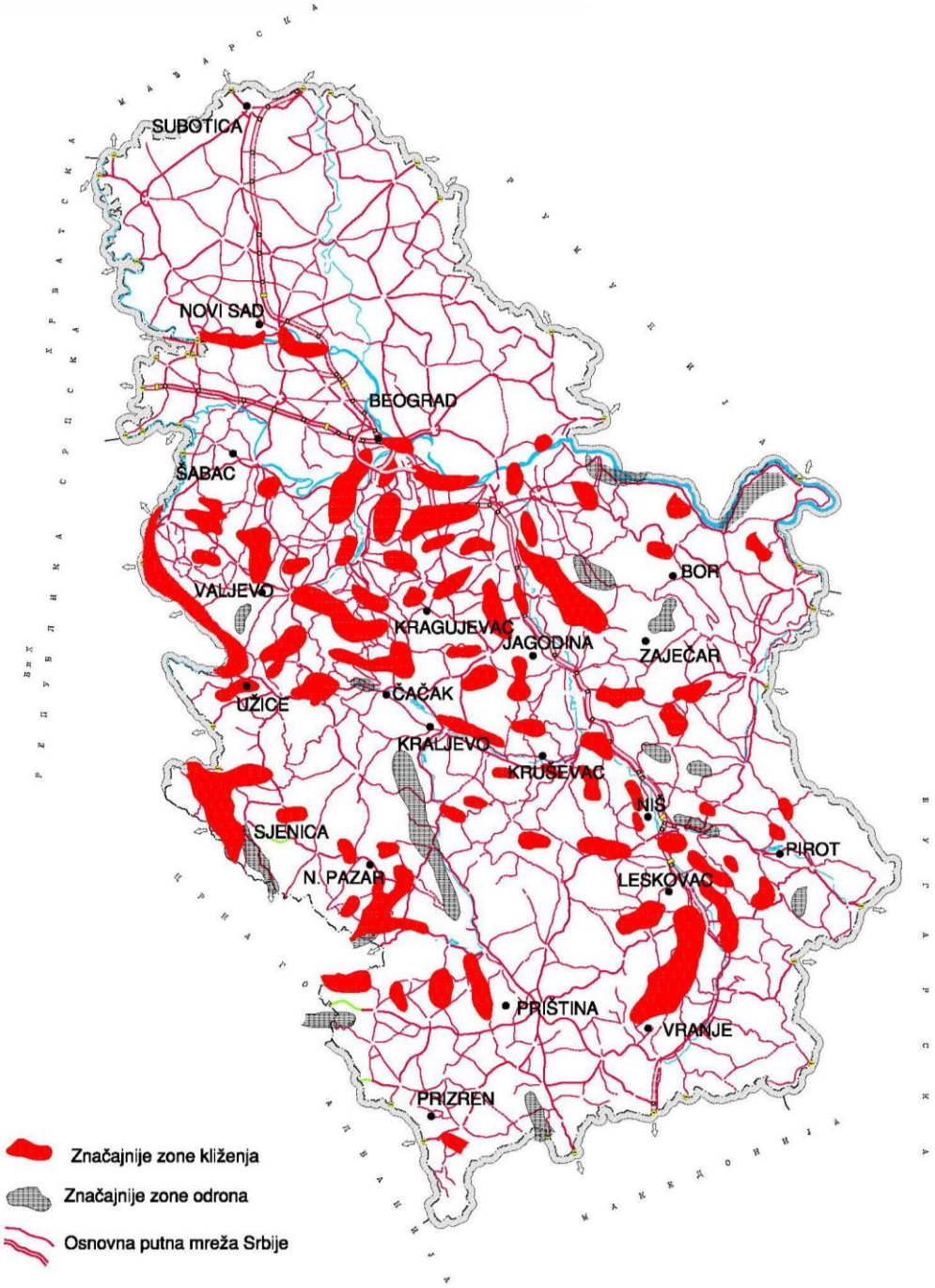
U proteklim decenijama, a posebno 2005. i 2006. god., su bili pogodni uslovi za aktiviranje brojnih klizišta (naročito u Šumadiji) i odrona. Velika klizišta, nastala pre više od jednog veka, aktivna su i danas.

U prošlosti su registrovani takvi periodi: četrdesetih, šezdesetih, sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog veka, itd. Dakle, po pravilu se kliženja obnavljaju u inetrvalima od 10 do 20 godina. Nažalost, s obzirom na današnje klimatsko hidrološke uslove, za očekivati je, da se ti procesi intenziviraju i ove, a verovatno, i narednih godina.

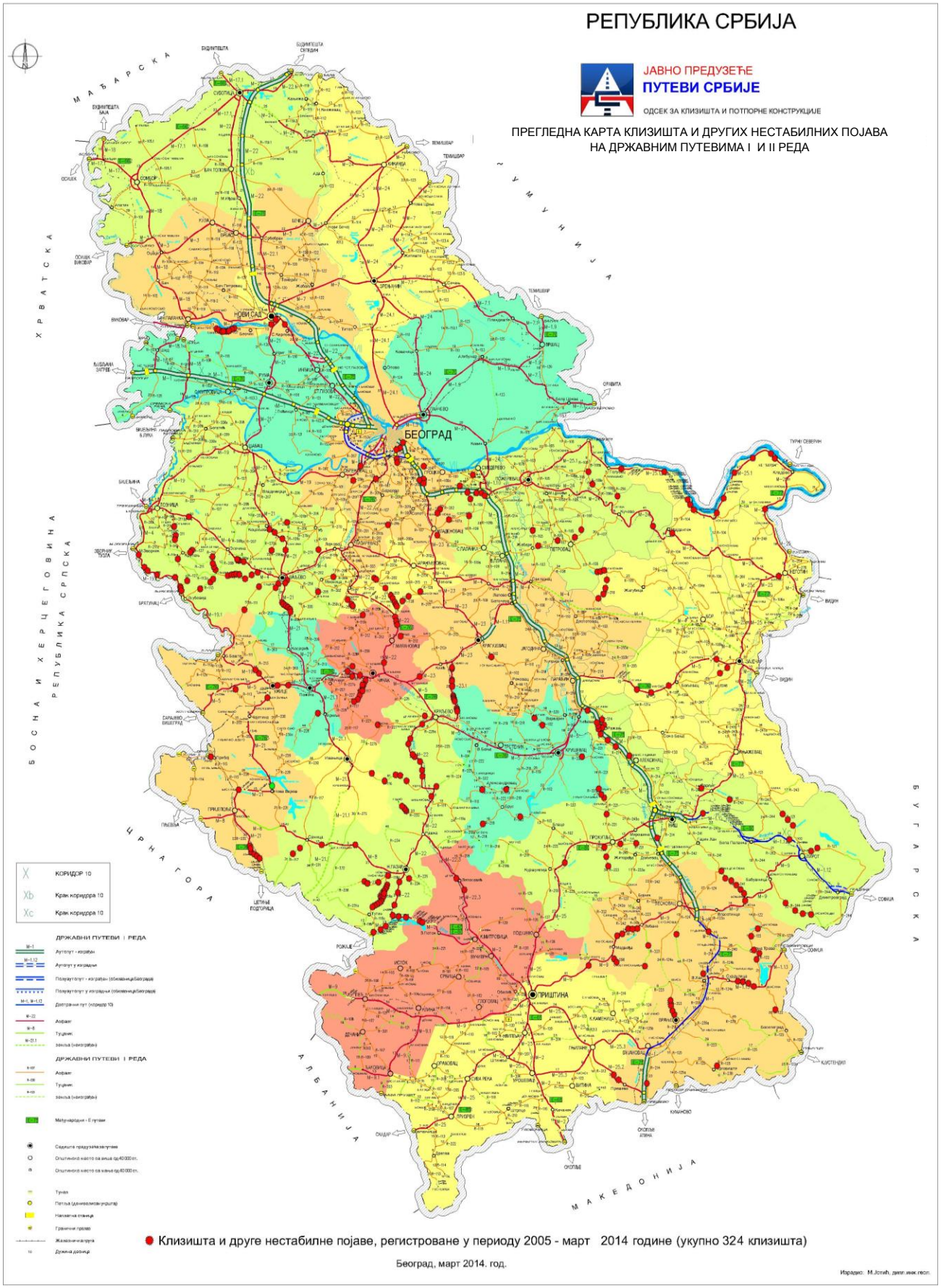
Učestalost i obimnost ovih „prirodnih nepogoda“, po zahvatanju prostora, posebno je velika u pojedinim delovima Centralne Srbije (i do 50% teritorije, a negde i više), u kojima su padine, ili već zahvaćene kliženjem i odronjavanjem, ili su labilne (na granici stabilnosti), pri čemu postoji stalan visoki rizik od formiranja većih (novih) klizišta i odrona, kao i njihovih posledica, odnosno šteta. Ovo se posebno dešava naročito pri visokim atmosferskim padavinama (kiša, sneg), naglim opadanjima maksimalnih vodostaja reka

(usled pojave sušnog perioda), seizmičkim potresima i dr., što se upravo danas na našim prostorima često dešava, a rezultat toga su masovna pojava novih i aktiviranje starih klizišta, poplave i sl.

Procenjuje se, da je između 20 i 25%, od ukupne površine Republike Srbije, obuhvaćeno procesima kliženja i drugim vidovima nestabilnosti, s tim što ima terena, gde su ti procesi dosta retki (npr. Vojvodina 2 – 3%), i drugih gde ih ima u izobilju (npr. u centralnom delu Srbije u Šumadiji, zatim u zapadnoj i jugoistočnoj Srbiji, i dr.). Samo u širem području Grdeličke klisure, registrovano je nekoliko hiljada, što manjih, što većih (aktivnih ili umirenih) klizišta (podaci preuzeti iz Studije „Prognoza i ocena rizika procesa i pojava nestabilnosti na teritoriji Srbije“, Beograd, Geozavod u saradnji sa Rudarsko-geološkim fakultetom i Institutom za puteve,1990.god.).



Slika 1: *Pregledna karta Srbije sa značajnim zonama nestabilnosti terena: klizišta, odrona i sipara*



Slika 2: *Pregledna karta klizišta i drugih nestabilnih pojava na državnim putevima I i II reda, u periodu 2005.god. – mart 2014. god.*

Radi ilustracije, navode se neka dobro poznata klizišta, većih razmera, koja se mogu tretirati kao prirodne nepogode, a to su klizišta: „Umka“ i „Duboko“ na obali Save, zatim na širem području grada Beograda, klizišta: „Karaburma“, „Mirijevo“, „Vinča“, „Ritopek“, Grocka, Mladenovac, te na padinskim delovima užeg gradskog područja i dr.; klizišta na padinama Fruške Gore, duž desne obale Dunava, kod mosta Slobode i Beške, Sremskih Karlovaca, Čortanovaca, Čerevića i Bocki; klizišta u Smederevu („Plavinac“) i na području Đerdapa; pa klizišta duž rečnih obala: Morave, Drine, Lima i Ibra; klizišta u zoni akumulacija: Zavoj, Ćelije, Rovni i dr.; klizišta u zoni površinskih kopova: Majdanpek, Kolubara, Kostolac; klizišta u urbanim i seoskim područjima: Trstenika – selo Bogdanje, LJiga, Mionice, Valjeva, Kruševca, Kragujevca, Niša, Novog Pazara, i dr.; klizišta na koridoru 10: „Begaljica“, „Kolari“, „Ražanj“ (koja se nalaze u zoni autoputa E-75, na potezu od Beograda do Niša), i dr.; klizišta u jugoistočnoj Srbiji: Jovac, Grdelica, itd.; kao i brojna klizišta u zasečenim padinama duž državnih puteva Srbije I i II reda, (slike 1 i 2), što u principu znatno otežava sigurno i ekonomično obezbeđenje odvijanja saobraćaja na putnoj mreži Srbije, odnosno racionalno gazdovanje sa tom putnom mrežom.

3. KLIZIŠTA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA SRBIJE

Na osnovu prikupljenih podataka, na državnim putevima Srbije je došlo, u periodu od 2005. do marta 2014. god., do formiranja približno 340 nestabilnih pojava (klizišta, tecišta, odrona, sipara), različitih dimenzija i stepena aktivnosti, koje su imale za posledicu otežano odvijanje saobraćaja, a na nekim deonicama i do njegovog potpunog prekida, ugrožavanja života ljudi, bezbednosti saobraćaja i sigurnosti putnih,stambenih,privrednih i drugih objekata. Od navedenog broja klizišta i drugih nestabilnih pojava, oko 55% se odnosi na puteve prvog a oko 45% na državne puteve drugog reda.

Tokom 2005. i 2006. g., nakon dugotrajnih i veoma obilnih padavina, koje su procenjene kao stogodišnje, došlo je do formiranja na putnoj mreži Srbije oko 80 nestabilnih pojava: klizišta, oštećenja trupa puta, odrona i dr. Ovakvo stanje stabilnosti na državnim putevima, koje se još više pogoršavalo i tokom 2007. i 2008. god., nametnulo je kod J.P. „Putevi Srbije“ potrebu za hitnom izradom „Katastra klizišta i drugih nestabilnih pojava na putnoj mreži“, koji bi omogućio, da se na bazi prikupljenih podataka, donesu odluke o prioritetima za sanaciju, jer nije se moglo istovremeno krenuti u sanaciju svih formiranih nestabilnih pojava.

Prema odluci nadležnih u J.P. „Putevi Srbije“, sredinom 2008.godine, otpočeta je realizacija izrade katastra klizišta i drugih nestabilnih pojava na državnim putevima I i II reda. Na izradi katastra klizišta radio je stručni tim iz Instituta za puteve do druge polovine 2013.god. a potom iz Instituta IMS i JP „Putevi Srbije“. Zadatak stručnog tima je da, pored navedenog evidentiranja klizišta, reaguje i po nalogu iz J.P. „Putevi Srbije“ hitno obiđe akutnu nestabilnu pojavu na putu i o tome sačini odgovarajući zapisnik (Izveštaj) sa predlogom mera privremene sanacije u cilju omogućavanja bezbednog odvijanja saobraćaja.

Od sredine 2008.god. pa do marta 2014.god. tim stručnjaka je registrovao oko 210 klizišta i drugih nestabilnih pojava na državnim putevima I i II reda, za koje su urađeni katastarski listovi i za koje su uglavnom izvršena geotehnička istraživanja i urađeni Glavni projekti sanacije. Takođe, u periodu od 2008. do marta 2014.god. ukupno je sanirano približno 50 klizišta, što čini oko 24% od ukupno registrovanih i isprojektovanih klizišta u tom periodu.

Najveći broj nestabilnih pojava, registrovanih u periodu od 2005. do marta 2014.godine, prikazan je na preglednoj karti klizišta na državnim putevima I i II reda, slika 2.

4. CILJ I METODOLOGIJA IZRADE KATASTRA KLIZIŠTA

Izrada katastra klizišta i drugih nestabilnih pojava na državnim putevima Srbije treba da omogući blagovremeno, potpuno i tačno informisanje nadležnih u “Putevima Srbije” o broju i stanju aktivnosti klizišta i drugih nestabilnih pojava, stepenu ugroženosti saobraćajnica, rejtingu prioriteta preduzimanja sanacionih mera kao i informisanje učesnika u saobraćaju o stanju, prohodnosti i bezbednosti saobraćajnica.

Osnovna koncepcija za izradu katastra klizišta, i drugih nestabilnih pojava se zasniva na postavci da se za svako klizište, odron ili oštećenje trupa puta, formira katastarski list. Ocenjeno je da je za pravilnu stručnu interpretaciju bitnih parametara svake nestabilne pojave na putu neophodno, pored katastarskog(registarskog) lista, dati i prikaz njenog geografskog položaja u putnoj mreži Srbije, zatim skicu dispozicije i prognoznog inženjersko- geološkog preseka terena, kao i odgovarajuću fotodokumentaciju.

Predviđeno je da se registarski list radi na osnovu površinskog inženjersko-geološkog rekognosciranja terena i obrade fonda postojeće geološko - geotehničke dokumentacije ukoliko postoji.

U cilju ujednačenog prikupljanja i obrade svih pojava nestabilnosti na terenu, u katastarskom listu je dat način popunjavanja i njegov sadržaj.

Katastarski list na jedinstven, stručno argumentovan i celovit način obrađuje klizišta i druge nestabilne pojave na putevima. Kroz ovaj list izvršena je kompletna prostorna identifikacija, utvrđene su dimenzije i oblik klizišta, a na osnovu podataka prikupljenih na terenu, date su i orijentacione dubine klizišta. Pored ovih parametara, za svaku pojavu ponaosob, data je inženjersko-geološka skica, prognozni inženjersko-geološki presek terena kao i tekstualni opis osnovne geološke građe terena sa bitnim inženjersko-geološkim i hidrogeološkim odlikama. U katastarskom listu su dati podaci o ugroženosti saobraćajnice i putnih objekata kao i prostora i objekata van putnog pojasa, zatim o uzrocima nastanka klizišta, prognozi ponašanja procesa, i prethodna ocena o mogućnostima sanacije terena,puta i putnih objekata.

Prikupljeni podaci predstavljaju argumentovanu dokumentacionu osnovu za izradu baze podataka o klizištima i drugim nestabilnim pojavama na putnoj mreži Srbije. Kroz bazu podataka treba obraditi sve registrovane nestabilne pojave na državnim putevima Srbije.

5. KRITERIJUMI ZA POPUNJAVANJE KATASTARSKOG LISTA KLIZIŠTA

U katastarski list klizišta se upisuju sledeći podaci:

Opšti podaci o klizištu: upisuje se: naziv i broj puta, deonica puta na kojoj je registrovana pojava, njena stacionaža, broj pojave na deonici,zatim geografski položaj klizišta-nestabilne pojave(x,y koordinate) na karti putne mreže Srbije i lokalni naziv pojave prema nazivu najbližeg naseljenog mesta ili nazivu meštana. Ukoliko nema lokalnog naziva upisuje se samo stacionaža pojave na putu.

Elementi pojave: upisuje se kategorija klizišta (nestabilne pojave) prema aktivnosti, procenjeni ili izmereni parametri koji definišu elemente pojave u prostoru: dužina nestabilne pojave, njena širina po putu, površina zahvaćena procesom, oblik tela, visina i oblik čeonog ožiljka, položaj deformacije prema putu, vertikalna i horizontalna pomeranja i na kraju upisuje se procenjena dubina klizišta (nestabilne pojave).

Geološka građa terena: iskazuje se preko skice dispozicije klizišta i inženjersko- geološkog preseka terena koji ilustruju geološku građu i sklop terena. Kroz kratak tekst se ukazuje na bitne inženjersko-geološke uslove nastanka i razvoja pojave. Kao posebna ilustracija daju se fotografije nestabilne pojave.

Procena uzroka nastanka pojave: definišu se uzroci nastanka pojave, naglašavajući pri tome posebno prirodne, a posebno antropogene uticaje. Ukoliko je moguće, poželjno je istaći presudne uticaje na formiranje klizišta (nestabilne pojave).

Prognoza ponašanja procesa i ugroženost saobraćaja: zavisno od stepena izučenosti pojave, od mogućnosti definisanja inženjersko-geoloških svojstava stenskih masa i uslova terena, ukazuje se, kroz kratku analizu, na mogućnost daljeg širenja procesa i ocenjuje stepen ugroženosti saobraćaja i objekata u zoni puta, odnosno nestabilne pojave zbog njenog mogućeg proširenja. Posebno treba proceniti uticaj održavanja i druge antropogene aktivnosti na proširenje pojave.

Predhodna istraživanja i primenjene sanacije: upisuju se nazivi svih predhodnih istraživanja, na užem i širem prostoru nestabilne pojave kao i sanacioni radovi ukoliko ih je bilo.

Ocena hitnosti intervencije: imajući u vidu kategoriju puta (državni putevi I i II reda), saobraćajno opterećenje, veličinu deformacija na kolovozu i stepen ugroženosti puta i objekata, vrši se ocena hitnosti intervencije i daju u vezi sa tim odgovarajuće preporuke Investitoru.

Uticaj klizišta na saobraćajnicu: upisuje se procena trenutnog i potencijalnog uticaja na put zavisno od pozicije nestabilne pojave u odnosu na put: na kosini sa malom verovatnoćom uticaja na bankinu; na kosini sa srednjom verovatnoćom uticaja na trup puta; na bankini ili na kosini sa srednjom verovatnoćom proširenja na trup puta; na putu ili kosini sa velikom verovatnoćom oštećenja.

Uticaj klizišta na područje van putnog pojasa: upisuje se procena trenutnog i potencijalnog uticaja na putni pojas, zavisno od pozicije nestabilne pojave u odnosu na put: na padini sa malom verovatnoćom uticaja na područje van putnog pojasa; na kosini sa srednjom verovatnoćom uticaja na područje van putnog pojasa; na putu ili kosini sa velikom verovatnoćom uticaja na teren izvan putnog pojasa; na putu ili kosini sa velikom verovatnoćom oštećenja i objekata izvan putnog pojasa.

Iznos pomeranja (procenjena veličina): upisuje se godišnji iznos pomeranja (ako je poznat).

Oštećenje kolovoza: upisuju se konstatovane deformacije na padini i kolovozu (pukotine,ulegnuća i izdizanja, koji su sigurni znaci nestabilnosti),njihova veličina i stepen izraženosti.

Procenat daljine odlučivanja: upisuje se rastojanje između klizišta i horizontalne, odnosno vertikalne krivine ili neke druge prepreke na putu koja bi mogla da utiče na vozača da na vreme uoči opasnost od klizišta.

Broj vozila na dan (prosečan godišnji dnevni saobraćaj-PGDS): upisuje se prosečan broj vozila na dan na određenoj deonici,odnosno u zoni klizišta.

Ostali podaci: upisuju se svi bitni podaci o registrovanoj pojavi, koji nisu obrađeni u prethodnim rubrikama, a ocenjeni su kao značajni za definisanje ukupnih inženjersko-geoloških uslova u zoni nestabilne pojave.

Podaci o obrađivaču: u završnom delu katastarskog lista klizišta, upisuju se podaci o učesnicima na njegovoj obradi kao i datum registrovanja pojave.

Kao primer, daje se prikaz katastarskog lista klizišta „Begaljičko brdo“ na autoputu A1(E-75) Beograd – Niš

KATASTARSKI LIST KLIZIŠTA “BEGALJIČKO BRDO”

Naziv i broj puta: *A1(E-75), Beograd – Niš* ***Broj pojave:*** *1*

Deonica puta: *Beograd – Umčari* ***Stacionaža:*** *km: 611+350 – 611+500*

Uža lokacija: *Begaljičko brdo* ***Koordinate (GPS):*** x = 4941280
y = 7471824
z =

Aktivnost pojave: *Aktivno klizište*

Dimenzije pojave:

- ***Dužina (čelo - nožica):*** *oko 60 m* ***Širina po putu:*** *150 m*
- ***Površina:*** *oko 9000 m²* ***Oblik tela:*** *frontalni*
- ***Visina i oblik čeonog ožiljka:*** *1,5 - 3,0 m; nepravilnog lučnog oblika*
- ***Položaj čeonog ožiljka prema putu:*** *Čeoni ožiljak je formiran na padini između dve trake autoputa*
- ***Vertikalna pomeranja:*** *1,5 – 3,0 m* ***Horizontalna pomeranja:*** *veća od 15 cm/dan*
- ***Procenjena dubina klizišta:*** *3,0 – 4,0 m* ***Zapremina:*** *približno 32000 m³*

Geološka građa terena i pojave podzemne vode: *Telo klizišta izgrađuju glinovito – laporovito – peskoviti sedimenti sa dosta karbonata u sebi (CL-CH); osnovu terena čine laporovito - peskovite karbonatne gline (CH;SM); pokrenuta stenska masa je potpuno vodozasićena do tečljiva;*

Procena uzroka nastanka: *Vodozasićenje glinovito - peskovito - laporovitih sedimenata na kosini i padini usled dugotrajnih i obilnih padavina, kao i neadekvatan (strmi) nagib kosine iznad autoputa;*

Prognoza ponašanja pojave: *Očekuje se dalji razvoj procesa kliženja i njegovog širenja ka preticajnoj traci autoputa (smer ka Beogradu) kao i dalje naklizavanje velikih količina glinovitog tečljivog materijala na kolovoz preticajne saobraćajne trake (smer ka Nišu).*

Predhodna istraživanja i primenjene sanacije: *Do sada nije bilo nikakvih aktivnosti na ovoj lokaciji;*

Stepen ugroženosti saobraćaja: *U sadašnjim uslovima, saobraćaj je veoma ugrožen, zbog čega je zatvorena preticajna traka(smer ka Nišu);*

Pristupačnost terena: *Pristupačan teren za izvođenje istražnih i sanacionih radova;*

Ocena hitnosti intervencije: *Neophodne su hitne sanacione mere kako bi se sprečilo dalje širenje procesa kliženja koje bi moglo dovesti do zatrpavanja preticajne saobraćajne trake na ovoj deonici autoputa. Osim toga, širenjem procesa uz padinu, direktno će se ugroziti i preticajna saobraćajna traka iz pravca Niša ka Beogradu. Potrebno je uraditi odgovarajuću geodetsku podlogu terena, izvesti geotehničke istražne radove i uraditi Glavni projekat sanacije klizišta.*

Uticaji klizišta na saobraćajnicu: *Naklizavanje materijala na kolovoz uslovio je zatvaranje preticajne trake u dužini od 200 m i danonoćno dežuranje ekipe za održavanje.*

Uticaji klizišta na područje van putnog pojasa: *Klizište je formirano na padini između saobraćajnih traka,ka Nišu i Beogradu, sa malom verovatnoćom uticaja na područje van putnog pojasa.*

Iznos pomeranja (procenjena veličina): *Procenjuje se da je veličina pomeranja pokrenutog materijala u telu klizišta veća od 15 cm/dan*

Oštećenje kolovoza: *Na kolovozu nema deformacija*

Daljine odlučivanja %: *Ugrožena deonica autoputa je između dve leve krivine i vozač ima ograničenu mogućnost za uočavanje prepreke (klizište) i pravovremeno reagovanje.*

Broj vozila na dan (PGDS): *Broj vozila na dan (PGDS) na ugroženoj deonici puta je veći od 10 000*

Napomena: _____

Pojavu evidentirali: *1) Milovan Jotić, dipl.inž.geol.*

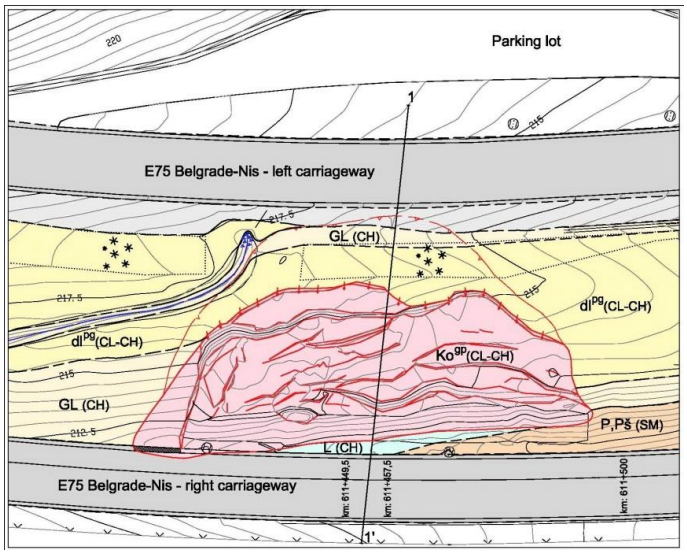
2) Dr Petar Mitrović, dipl.inž.građ.

Datum: *12.01.2010. god.;*

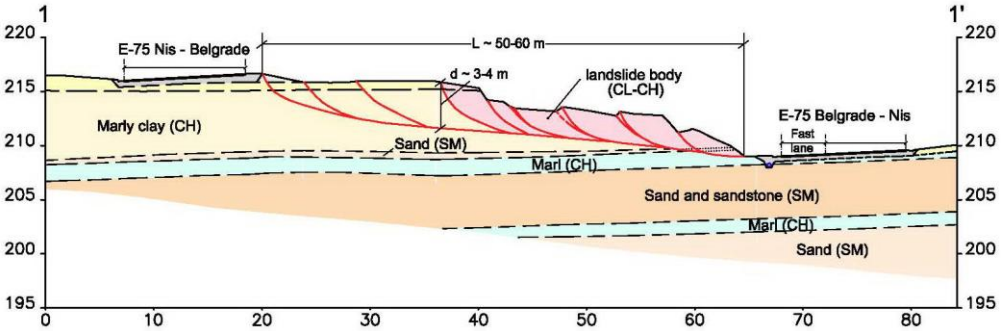
27.02.2013.god.



Slika 2: *Geografski položaj u putnoj mreži:*



Skica dispozicije klizišta



Prognozni inženjerskogeološki presek terena



Slika 3: *Izgled klizišta iz profila*



Slika 4: *Naklizavanje materijala na kolovoz*

6. ZAKLJUČAK

Svaki Katastarski list klizišta (nestabilne pojave) predstavlja argumentovanu dokumentacionu osnovu za izradu projektnog zadatka sa metodologijom i programom istraživanja za potrebe izrade projektno- tehničke dokumentacije za sanaciju. Projektno-tehnička dokumentacija definiše finansijku vrednost, što ima za posledicu pravilnije planiranje sredstava u budžetu.

Takođe, ovakav pristup izučavanja klizišta ili drugih nestabilnih pojava predstavlja dobru dokumentacionu osnovu za formiranje baze podataka o klizištima i drugim pojavama nestabilnosti na državnim putevima Srbije.

Po navedenoj metodologiji i načinu popunjavanja katastarskog lista, prikazanom na primeru klizišta „Begaljičko brdo“ na autoputu A1(E-75), Beograd – Niš, do sada je obrađeno približno 210 klizišta i drugih nestabilnih pojava na državnim putevima I i II reda. Za najveći broj registrovanih klizišta, izvršena su geotehnička istraživanja i uradjeni projekti sanacije a na osnovu rejtinga prioriteta preduzimanja sanacionih mera oko 50 klizišta je sanirano.

Literatura

[1] *Padine, proučavanje padinskih procesa za potrebe planiranja, projektovanja i izgradnje građevinskih objekata*/ LJubomir Rokić, Vladeta Vujanić, Beograd, (2000).

[2] *Landslides, Investigation and mitigation, Special report 247*/ Transportation Research Bord, National Research Council, Washington, D.C. (1996).

[3] *Landslides, Techniques for Evaluating Hazard, World Road Association*, PIARC,Technical Committe on Earthworks, Drainage, Subgrade (C12) (1997).

[4] *Registar klizišta i drugih nestabilnih pojava na magistralnoj i putnoj mreži Srbije* / fondovska dokumentacija Instituta za puteve a.d., Beograd i J.P „Putevi Srbije“, Beograd, (2008/2009).

[5] WP/WLI - *A Suggested Method for Reporting a Landslides, Bulletin of the International Association of Engineering geology*/No. 41, pp.5-12. (1990).

[6] WP/WLI - *A Suggested Method for a Landslide Summary, Bulletin of the International Association of Engineering geology*/ No. 43, pp. 101- 110. (1991).

[7] WP/WLI - *A Suggested Method for Description the Activity of a Landslide Summary, Bulletin of the International Association of Engineering geology*, No. 47, pp. 53 - 57. (1993a)

[8] WP/WLI (b) - *Multilingual Landslide Glossary, Bi.-Tech Publishers, Richmond, British Columbia, Canada,* 59 pp (1993).

[9] Studije „Prognoza i ocena rizika procesa i pojava nestabilnosti na teritoriji Srbije“, Beograd, Geozavod u saradnji sa Rudarsko-geološkim fakultetom i Institutom za puteve,1990.god.).

GEOTEHNIČKI MONITORING KLIZIŠTA NA PUTEVIMA SRBIJE

Branko Jelisavac[1], Svetozar Milenković[2], Dušan Tošić[3]
[1,3] Institut za puteve AD Beograd, instput@highway.rs
[2] Geomonitoring tim Beograd, tozony@gmail.com

Rezime: *Geotehnički monitoring nestabilnih terena predstavlja vizuelno i instrumentalno osmatranje i evidentiranje promena u zoni klizišta i na postojećim objektima. Monitoringom se izučava proces klizanja i utvrđuju: uzroci, mehanizam i dinamika pomeranja tela klizišta, a na osnovu ukupnih rezultata, vrši se procena stepena hazarda, ugroženosti i rizika od klizanja. U radu je opisana metodolologija geotehničkog monitoringa, pojmovi, oprema, obim i učestalost osmatranja. Zatim su, hronološkim redom, dati primeri monitoringa klizišta u zoni puteva, mostova i naselja u Srbiji koji su vršeni u periodu 1991-2013. god. sa opisom ugrađene opreme i osnovnim rezultatima.*

Ključne reči: *monitoring, klizišta, oprema, putevi, primeri.*

1. UVOD

Na teritoriji Srbije je registrovano više hiljada klizišta koja ugrožavaju značajna materijalna dobra. Ovo je naročito izraženo na putevima lociranim na padinama rečnih dolina izgrađenih od mlađih sedimenata. Najsloženija klizišta su registrovana duž desne obale Dunava i Save. Uzrok nastanka i razvoja klizišta pripisuje se složenoj morfologiji, geološkoj građi, ovodnjenosti i erozionim procesima. U savremenim uslovima, nastanak novih ili reaktiviranje starih klizišta, sve je češće rezultat čovekove graditeljske delatnosti.

U cilju sanacije klizišta neophodno je sprovesti odgovarajuća geotehnička istraživanja kojima se utvrđuje model i svojstva terena, vrše odgovarajuće analize i izbor sanacionih mera. Efikasnost sanacije zavisi od tačnosti ulaznih podataka, tj. dijagnoze, u protivnom obim i vrsta mera je podcenjena ili precenjena.

Iz tih razloga, pri izučavanju geometrije, mehanizma i dinamike klizišta, pored klasičnih istraživanja, sve češće se primenjuju raznovrsne metode geotehničkog monitoringa.

Sistematskom monitoringu klizišta na putevima Srbije, uz primenu savremene opreme za određivanje pomeranja tela klizišta po dubini, se pristupili 1991. god. Do sada je to primenjeno u različitom obimu na dvadesetak lokacija. Pored nabavke odgovarajuće opreme, izvršena je obuka kadrova i stečena su dragocena iskustva.

U radu je prikazana metodolologija monitoringa, definisani pojmovi, opisana oprema, obim i učestalost osmatranja. Zatim je hronološkim redom dat prikaz primera monitoringa na putevima Srbije, 1991.– 2013. godine, sa opisom ugrađene opreme i bitnih rezultata.

2. OSNOVNI POJMOVI

Klizište je deo terena koji se translatorno ili rotaciono pomera preko stabilne podloge, ili je to deo terena u kome su sačuvana strukturna i reljefna svojstva procesa kliženja (*Geodinamika* – prof. M.Janjić, 1981. god.).

Kliženje je savremeni geološki proces otkidanja i pomeranja stenskih masa u padinama i kosinama, preko stabilne podloge, a po jasno ispoljenoj površini ili zoni kliženja (*Landslides* – Varnes i Cruden 1984/96. god.).

Geotehnički monitoring klizišta je vizuelno i instrumentalno osmatranje i evidentiranje promena u zoni klizišta i na postojećim objektima. Monitoringom se izučava proces kliženja terena i utvrđuju:

- Uzroci i stanje činioca koji dovode do aktiviranja, razvijanja, smirivanja i reaktiviranja klizišta,
- Mehanizam i dinamika kliženja – geometrija i način pomeranja, dubina klizne površi ili zone kliženja, smer, veličina, učestalost i brzina pomeranja,
- Vrši procena stepena hazarda, ugroženosti i rizika od klizanja i dr.

Kliženje terena, kao savremeni geodinamički proces, je geološki prirodni hazard čija aktivnost izaziva negativne posledice po prirodu, materijalna dobra i ljude.

[1] Branko Jelisavac: jelisavac.branko@gmail.com

Hazard od klizanja terena predstavlja verovatnoću aktiviranja klizišta određene magnitude na nekom području.

Magnituda klizišta obuhvata: površinu, dubinu i zapreminu pokrenutog tela klizišta, zatim brzinu kretanja i daljinu do koje pokrenuti materijal može da dospe.

Ugroženost od klizanja terena je stepen potencijalnih gubitaka vrednosti prirodnihi materijalnih dobara ili stepen ugroženosti ljudskih života.

Rizik od klizanja terena predstavlja vrednost očekivanih negativnih posledica na prirodu, materijalna dobra i ljude. Rizik je rezultat proizvoda: hazarda, elemenata rizika i ugroženosti.

Monitoring može da se vrši: pre u toku i nakon izvođenja sanacionih mera, a u cilju kontrole stabilnosti terena, objekata i primenjenih sanacionih mera.

Monitoringom se prate:
- Promene na površini klizišta i objektima,
- Pomeranja tela klizišta i objekata po dubini,
- Stanje i režim površinskih i podzemnih voda,
- Promene morfologije erozionih zona planarnih i linearnih,
- Promene meteoroloških parametara (padavine, temperatura i dr.),
- Promene nastale pod uticajem zemljotresa,
- Promene u načinu korišćenja zemljišta i objekata,
- Antropogeni uticaji i dr.

Rezultati monitoringa se koriste:
- U sklopu geotehničkih istraživanja radi utvrđivanja: uzroka, dubine, mehanizma, dinamike kliženja i magnitude klizišta,
- U procesu procene hazarda, ugroženosti i rizika od klizanja terena,
- U procesu projektovanja i izbora optimalnih mera za sanaciju klizišta,
- Pri odlučivanju o dopunskim merama sanacije,
- Pri prognozi daljeg razvoja i obnavljanja procesa,
- U slučajevima fazne sanacije omogućuje planiranje i uštede sredstava,
- Pri donošenju odluke kad je neophodno angažovati sredstva za sanaciju i da li se uopšte isplati sanirati klizište i dr.

3. PROGRAM MONITORINGA

Na osnovu Projektnog zadatka i Programa geotehničkog monitoringa se definišu: vrste, obim i učestalost osmatranja klizišta.

Program se radi na osnovu:
- Rekognosciranja terena i objekata u zoni klizišta,
- Prikupljanje, obrada i sistematizacija podataka: rezultata predhodnih istraživanja, uvidom u baze podataka, vizuelnih i instrumentalnih osmatranja, stanja postojećih putnih i sanacionih objekata, hidrometeoroloških i hidroloških podataka, analize GIS-a (geografskog informacionog sistema), avio i satelitskih snimaka i drugo,
- Definisane geološke konstrukcije terena u zoni klizišta,
- Procenjenog položaja stabilne i potencijalno nestabilne zone,
- Način prihranjivanja terena površinskom i podzemnom vodom,
- Svojstava i hidrogeološke funkcije pojedinih litoloških članova i kompleksa,
- Dominantnih pravaca planarne i linijske erozije,
- Konačan izbor vrste i obima osmatranja zavisi od: geometrije i složenosti klizišta, kategorije i stepena ugroženog objekta,
- Osmatranja se vrše u zavisnosti od inteziteta pomeranja u intervalima ili kontinualno i dr.

U Programu se, na osnovu analize prikupljenih podataka, detaljno obrazlaže vrsta i obim opreme za osmatranje, način njene ugradnje i nultog merenja, učestalost merenja, razlozi za vanredno merenje, način obrade pojedinačnih i sinteza ukupnih rezultata, način izrade periodičnih i godišnjih izveštaja.

4. VRSTE MONITORINGA, OPREMA I ANALIZA REZULTATA

U zavisnosti od složenosti klizišta, važnosti i stepena ugroženosti objekata – primenjuju se različite vrste i oprema monitoringa klizišta i objekata u njegovoj zoni uticaja. Najčešće se primenjuju sledeće vrste osmatranja:

Vizuelna – osmatranja se vrše radi praćenja promena nastalih: na putu, u zoni postojećeg klizišta ili pak klizišta u nastajanju. Osmatranja redovno vrši: nadzorna i putaska služba za održavanje, geolozi - geotehničari i građevinci zaduženi za istraživanje i praćenje klizišta, policija, učesnici u saobraćaju i dr. Pravi se stručni zapis, vrši se fotografisanje, osnovna merenja dimenzija pojave i formira informacija koja se prosleđuje nadležnom licu/službi.

Hidrološka – osmatranja služe za praćenje promena nivoa stajaćih i tekućih voda: jezera, reke i potoci. Osmatranja se vrše pomoću automatskih mernih stanica, čitanjem baždarenih letvi, limnografima i dr.

Meteorološka – osmatranja se vrše u cilju prikupljanja podataka o količini i trajanju padavina, promeni temperature, vlažnosti i dr. Koriste se podatci iz najbliže meteorološke stanice.

Geodetska osmatranja se vrše instrumentalno praćenjem karakterističnih tačaka i repera postavljenih na kretanom i nekretanom delu klizišta, na postojećim i sanacionim objektima. Osmatranje tačaka na klizištu se vrši sa stabilnih tačaka postavljenih van klizišta. Geodetsim tačkama se pokrivaju pomeranja u tri ortogonalna pravca duž referentnih geotehničkih profila. Kod velikih klizišta, za dugoročna osmatranja, formira se lokalni koordinatni sistem.

Merne trake, troosni lenjiri, klatna i dr. je oprema koja se po pravilu postavlja u bunarima, galerijama, portalima, tunelima, mostovima, drenažnim štolnama, šahtama, propustima, potpornim konstrukcijama i dr. Osmatraju se dilatacije i pukotine na objektima u zoni klizišta i duž kontaka kretanog i nekretanog terena.

Inklinometarska osmatranja služe za praćenje horizontalnih pomeranja tela klizišta. Konstrukciju za osmatranje čine: inklinometarske cevi (ugrađene u istražne bušotine) i merna oprema. Pomeranja se prate u dve ortogonalne ravni. Ovim osmatranjima se određuje dubina klizne površi, veličina i smer pomeranja.

Pijezometarska osmatranja služe za praćenje promena nivoa podzemne vode u terenu. Postoje klasični i električni pijezometri. Pijezometarska konstrukcija (cevi pune i perforirane sa zasipom) se ugrađuje u namenski izvedene istražne bušotine.

Optička vlakna služe za osmatranje vertikalnih i horizontalnih pomeranja tela klizišta i postojećih objekata.

Satelitski - geodetski monitoring u realnom vremenu: osmatranja se vrše postavljanjem odgovarajućih geodetskih totalnih stanica i prijemnika GNSS (Global Navigation Satelite sistem). Tehnologija je zasnovana na satelitskom pozicioniranju, prijemnici prate i obarđuju signale sa satelitskih sistema i određuju koordinatne razlike između tačaka sa milimetarskom preciznošću. Konstantna očitavanja u projektovanim i realnim vremenskim intervalima se prate kabinetski.

U principu sva osmatranja treba sinhronizovati. U početku se osmatranja vrše češće a što zavisi od veličine i brzine pomeranja. Ako su pomeranja vrlo spora onda se osmatranja vrše sezonski. Nakon hidroloških maksimuma ili pak zemljotresa treba uraditi vanredno merenje.

Svi rezultati pojedinačnih merenja se obarđuju tekstualno, tabelarno i dijagramski. Potom se vrši sinteza i korelativna analiza rezultata. Na taj način se utvrđuje uzročno-posledična veza između pojedinih činilaca. Utvrđuje se dubina pomeranja, oblik klizne ravni, vektori pomeranja, veličine oscilacija površinskih i podzemnih voda i njihov uticaj na veličinu pomeranja i dr. Podatci se nanose na inženjerskogeološke karte i preseke. Rade se periodični i godišnji izveštaji u kojima se daju preporuke za dalja osmatranja i saniranja.

5. MONITORINGA KLIZIŠTA NA PUTEVIMA SRBIJE

Sistematski monitoring klizišta na putevima Srbije je započeo 1991. god. na klizištima Umka i Duboko, duž desne obale reke Save. Kod nas je do sada, sličan monitoring, vršen na petnaestak lokacija, uključujući: železničke pruge (klizište „Čortanovci“), naselja (klizište „Karaburma“), akumulacije veštačkih jezera i nasutih brana (klizište „Prvonek“).

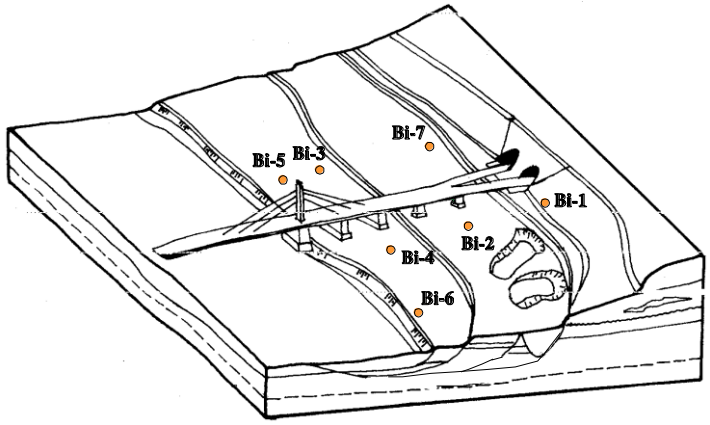
Monitoring je pretežno primenjivan u zoni složenih, dubokih i sporih klizišta, koja ugrožavaju značajna materijalna dobra i ljudske živote. Navešćemo najznačajnije primere monitoringa klizišta na putevima Srbije:

5.1. Klizište „Umka – Duboko“ (1991 – 1994)

U cilju iznalaženja rešenja za provođenje autoputa Beograd – Južni Jadran, E-763, duž nestabilne desne obale reke Save, od Umke do Bariča, u sklopu detaljnih geotehničkih istraživanja je ugrađeno i osmatrano: 10 inklinometara, 16 pijezometara, 50 kopanih bunara i 60 geodetskih repera. U četiri istražna okna postavljena su klatna i reperi, vršena hidrološka osmatranja reke Save i njenih pritoka, praćene padavine, promene temperature i vlažnosti. Nakon trogodišnjih osmatranja utvrđena je dubina i smer pomeranja tela klizišta, urađene prve korelativne analize uzročnika, tj. uticaji promena nivoa reke Save i nivoa podzemne vode na veličinu pomeranja tela klizišta. Na osnovu dobijenih rezultata postavljena je hipoteza o blokovskom i stepenastom mehanizmu pomeranja tela klizišta.

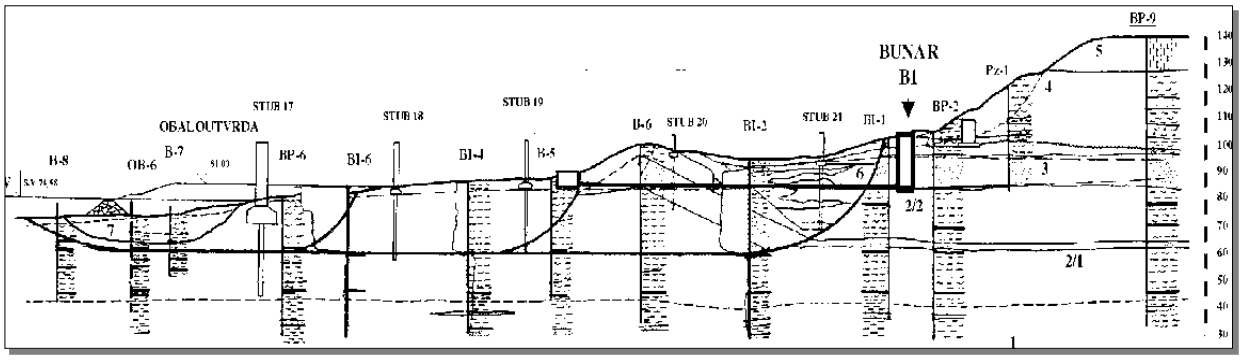
5.2. Klizište „Most Slobode“ (1992 – 1999)

Monitoring je vršen u cilju sanacije starog klizišta, formiranog duž desne dolinske strane Dunava, a koje je ugrozilo stubove „Mosta Slobode“ u Novom Sadu, Slika 1. Ugrađeno je i redovno osmatrano sedam inklinometara (ukupno 350 m), 25 pijezometara (električnih i klasičnih), 80 geodetskih repera (u internom koordinatnom sistemu, postavljeni na stubovima mosta i na nestabilnoj desnoj obali, a osmatrani sa stabilne leve obale Dunava). Redovno snimana morfologija korita Dunava u zoni mosta, praćene promene hidrološke i hidrometeorološke na stanici „Petrovaradin“.



Slika 1. *Klizište „Most Slobode“ – raspored sedam inklinometara*

Analizom rezultata monitoringa izvedeni su dokazi da je klizište nožično i da se telo klizišta kreće vrlo sporo, 1 – 2 cm godišnje, po kliznoj površi - registrovanoj u tankom sloju, visoko plastične ugljevite gline, na dubinama 24 – 39 m, Slika 2. Izvršene su korelacije svih pomeranja i oscilacija spoljnih i unutrašnjih voda. Urađen je glavni projekat sanacije. Do sada je izveden deo sanacije: dva drenažna bunara (L = 23 m, R = 7,5 m) sa po četiri horizontalna drena (L = 50 m, R = 0,50 m) i jedan odvodni tunel (L = 140 m, R = 1,8 m). Most je srušen NATO bombama, početkom aprila 1999. godine, potom obnovljen a sanacija klizišta nije završena.



Slika 2. *Geotehnički presek klizišta „Most Slobode“ - utvrđena pomeranja na dubini 24-39 m*

5.3. Klizište „Bračin“ (1997)

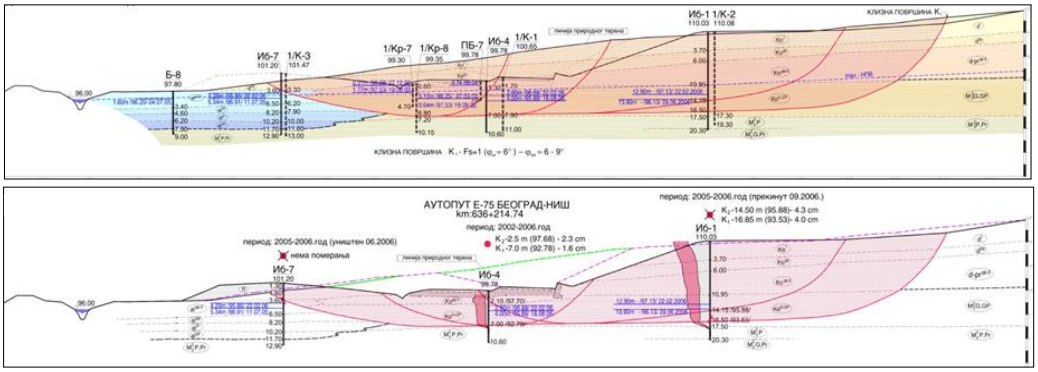
na autoputu E-75. Prvo je otklizala dijafragma a zatim desna traka autoputa ka Nišu, Slika 3. Kratak period osmatranja, pomeranja horizontalna i vertikalna, brza i metarska. Posle neuspelih pokušaja sanacije, preko klizišta je urađen most.



Slika 3. *Aklizište “Bračin” – brza, metarska pomeranja*

5.4. Klizište „Kolari“ (2002 – 2009)

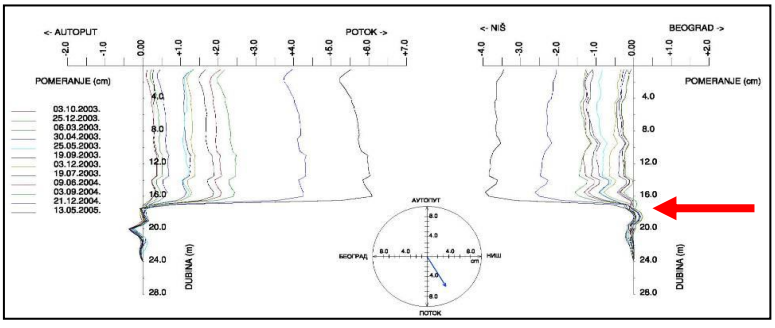
Na autoputu E-75 kod Kolara (km 636+300) deformiše se i izdiže kolovoz autoputa u dužini oko 230 m. Do deformisanja kolovoza došlo nakon usecanja autoputa u nožici starog klizišta. Ugrađeno 12 inklinometara (9 – 21 m), 12 pijezometara (4 – 16,5 m) i 47 geodetskih repera. Utvrđena spora „cm“ pomeranja na dubini 7 – 16,5 m, Slika 4. Razmatrano je više varijanti sanacije koje do sada nisu izvedene.



Slika 4. *Klizište „Kolari“ – prethodno i sadašnje stanje*

5.5. Klizište „Ražanj“ (2002 – 2009)

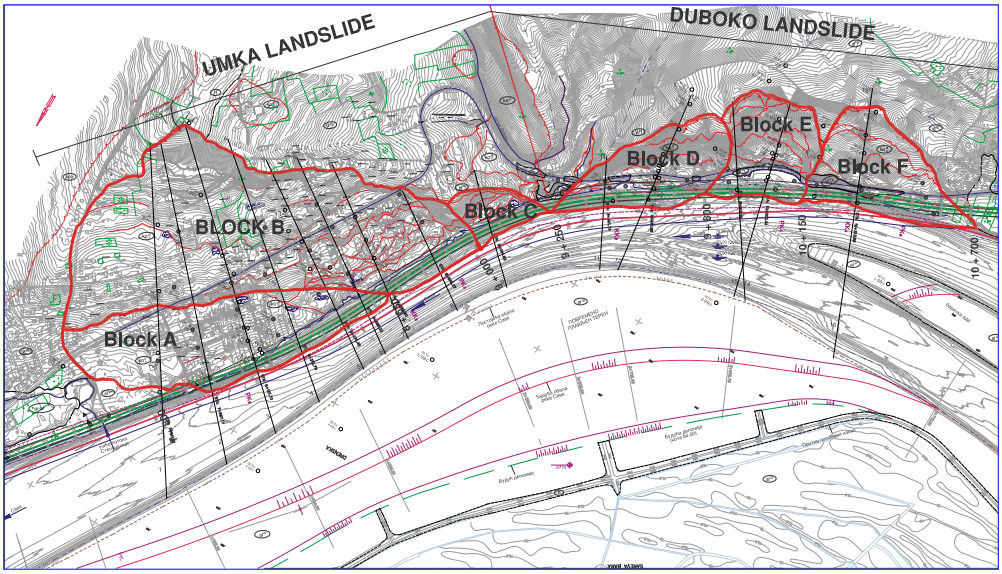
Na autoputu E-75 kod Ražnja (km 765+560), dolazi do deformacija nakon izgradnje trupa nasipa preko starog aktivnog klizišta. U više navrata istraživano i sanirano klizište. Tokom 1989. god. izvedene dve duboke drenažne štolne koje su značajno usporile proces. Ugrožen je kolovoz autoputa u dužini 70 – 110 m. Do sada ugrađeno i osmatrano 8 inklinometara, 6 pijezometara i 11 geodetskih repera. Utvrđen je režim podzemnih voda, određen smer i dubina pomeranja klizišta, utvrđena klizna površ na dubini 8 – 17 m, Slika 5. Pomeranja su translatorna i spora. Veći pomaci su registrovani nakon obilnih padavina 2005 – 2006. god.



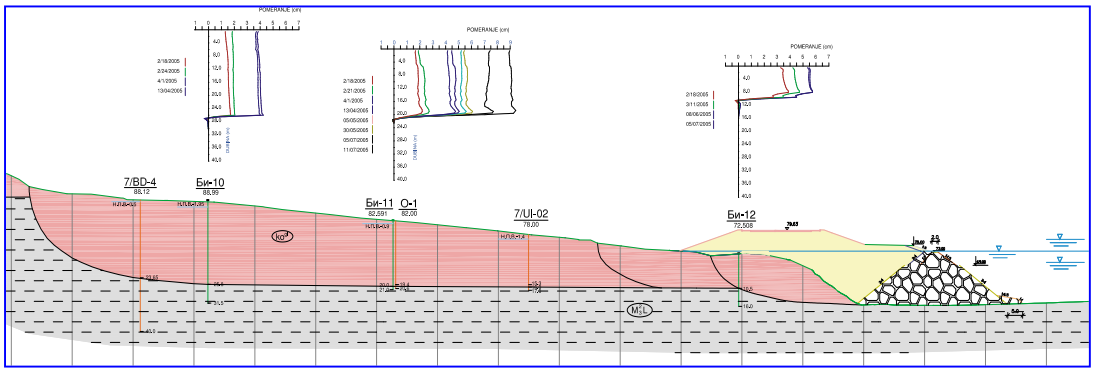
Slika 5. *Klizište „Ražanj“ – inklinometarska pomeranja do 17 m*

5.6. Klizište „Umka – Duboko“ (2005 – 2006)

Za nivo Idejnog projekta autoputa E-763 Beograd – Južni Jadran, deonica Umka – Obrenovac, dužine dužine 7,65 km, vršena su detaljna geotehnička istraživanja i monitoring klizišta Umka – Duboko, dužine 3 km, 2005 – 2006. god. Duž 15 profila ugrađena 33 inlinometrara dužine 12 – 42 m, ukupne dužine 770 m, osmatrane oscilacije nivoa podzemnih voda, nivoa reke Save i padavina, *Slika 6*. Utvrđen je položaj kliznih površi (na dubini 10 – 26 m) i potvrđena hipoteza o blokovskom i stepenastom pomeranju klizišta, Slika 7. Odlučeno je da se saniranje klizišta izvrši proširenjem korita reke na levoj obali, duž desne obale uradi obaloutvrda od kamena a trup autoputa bi se smestio iza obaloutvrde na refuliranom pesku. Pored toga predviđeno je: dreniranje, odvodnjavanje, planiranje i pošumljavanje klizišta. Osim lokalnih intervencija, nije rađena sanacija ovih klizišta. Saobraćaj na postojećem magistralnom putu M-19 je usporen i vrlo otežan. Do inteziviranja aktivnosti klizišta je došlo u periodu 2005 – 2011. god.



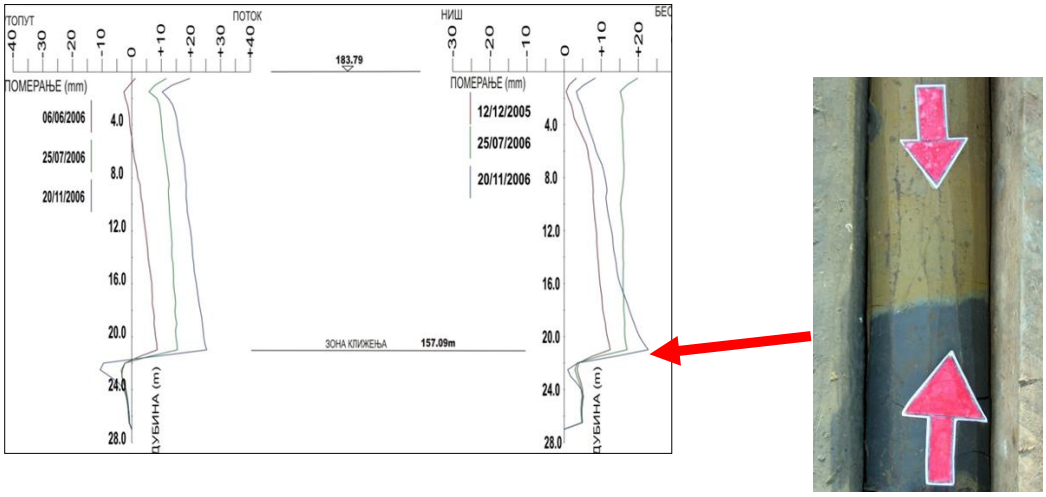
Slika 6. *Dispozicija klizišta „Umka – Duboko“ duž desne obale Save, sa rasporedom šest karakterističnih blokova*



Slika 7. *Klizište „Umka“ – translatorna pomeranja bloka “A” duž klizne površi na dubini 10 do 26 m*

5.7. Klizište „Begaljičko Brdo“ (2006 – 2010)

Na autoputu E-75, km 608+300, između Vrčina i Malog Požarevca, deformišu se i sležu obe kolovozne trake autoputa, u dužini oko 350 m. Deformisanje i sleganje kolovoza je počelo nakon izgradnje autoputa u visokom nasipu u čenoj zoni starog klizišta, koje isklinjava u koritu Vrčinske reke. Vršena su istraživanja u više navrata i izvedena plitka drenaža. Tokom geotehničkih istraživanja 1989. god., koja su obuhvatila istražno bušenje i iskop jednog istražnog okna, postavljena je hipoteza o vrlo dubokom klizištu. Nakon ugradnje i osmatranja 11 inklinometara (21 – 26 m), tri pijezometara (15 – 25 m) i 18 geodetskih repera, utvrđena su spora „cm“ translatorna pomeranja, po kliznoj površi, na dubini 12 – 22,5 m, Slika 8. Razmatrano više varijanti sanacije, ali do sad nije urađen projekat.



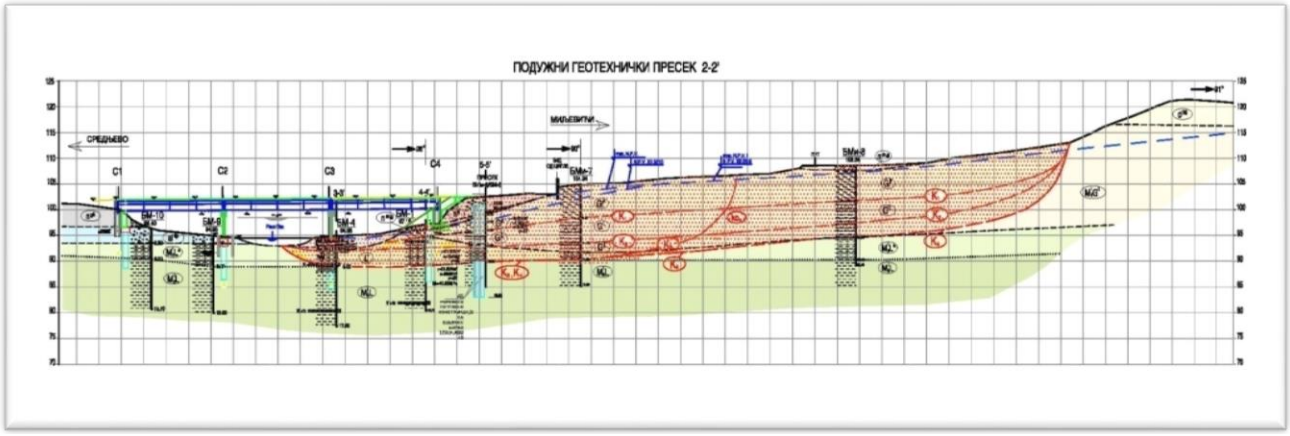
Slika 8. *Klizna površ na 20,30 m u inklinometarskoj bušotini Bi-6*

5.8. Klizište „Most Beška“ (2007 – 2011)

Na autoputu E-75, u toku projektovanja i izgradnje mosta blizanca na Dunavu kod Beške, uspostavljen je i redovno vršen monitoring starog klizišta na desnoj dolinskoj strani. Osmatračku mrežu su činili: 11 inklinometara (dubine 30 – 40 m), 4 dvostruka pijezometra (dubine do 35 m) i 80 geodetskih repera. U bušenim istražnim oknima, je evidentirana stara klizna površ, na dubini oko 23 m. Na desnoj dolinskoj strani, u cilju dopune sanacije, su izvedene dve zavesa dubokih AB šipova, ukupno je ugrađeno 65 šipova (L = 27 m, R = 1,20 m), što ukupno iznosi 1755 m šipova. U četvorogodišnjem periodu osmatranja inklinometara i repera nisu registrovana horizontalna i vertikalna pomeranja terena i stubova mosta. Tokom izgradnje uništen je i oštećen deo mernih mesta. Urađen je Program dugoročnog monitoringa terena i stubova mosta na desnoj dolinskoj strani, međutim do realizacije nije došlo a most je pušten u saobraćaj, krajem 2011. godine.

5.9. Klizište „Miljevići – most na reci Pek“ (2010 – 2012)

Na regionalnom putu R-108a, Srednjevo – Miljevići, nakon reaktiviranja starog klizišta došlo je do ozbiljnog oštećenja čeličnog mosta koji je izgrađen u temenu meandra reke Pek. Most dužine 72 m i četiri stuba su teško oštećeni. Izvršena su geotehnička istraživanja u sklopu kojih je izvršena ugradnja i redovno osmatranje četiri inklinometra. Nakon tromesečnih osmatranja ustanovljena su pomeranja tela klizišta duž klizne površi na dubini 8 - 14,5 m, Slika 9. U toku 2011. god. izvedena je sanacija klizišta sa izradom potporne konstrukcije (dva reda AB šipova, L = 17 m, R = 1,20 m, ukupno 425 m), drenaže (dubine 4 - 5 m) i kamene obalutvrde. Potom su sanirani temelji i stubovi mosta i objekat je pušten u saobraćaj sredinom juna 2012. god. U toku je realizacija Programa osmatranja saniranog dela klizišta i mosta. Između ostalog ugrađen je i jedan inklinometar u centralni šip. Do sada nisu registrovana pomeranja u zoni sanacionih objekata i mosta.



Slika 9. *Most na reci Pek i podnožično klizište, dubine 8 – 14,5 m*

6. ZAKLJUČAK

Monitoring kliziša na putevima Srbije je doveo do toga da se precizno utvrđuje dubina klizišta i korelišu bitni agensi koji uzrokuju pomeranja. Na taj način se objektivno sagledavaju činjenice i dolazi do optimalnih sanacionih rešenja.

U praksi, česti su slučajevi da je vrlo teško utvrditi položaj klizne površi i zone smicanja. Tada se vrši stručna procena dubine pomeranja, a pouzdanost zavisi od kvaliteta jezgra bušotina i iskustva istraživača. Nedovoljno pouzdane informacije o dubini i uzroku pomeranja klizišta dovode do pogrešnih odluka pri izboru i dimenzionisanju sanacionih mera, odnosno do njihovog precenjivanja ili potcenjivanja.

Sredstva uložena u monitorng garantuju bezbednu eksploataciju objekta. Nakon početnih ulaganja u postavljanje opreme, monitoring klizišta i sanacionih obkekata predstavlja visoko pouzdan, a jeftin vid istraživanja.

Literatura

[1] Jelisavac, B., Petrović, R., Vujanić, V., Milenković, S., Vasić, M. (2003). Investigations, monitoring and repair of landslides of Danube river near the city of Novi Sad, 12th Danube – Europen Conference Geotechnical Engineering, Passau, Austrija, 227 – 230.

[2] Jelisavac, B., Milenković, S., Vujanić, V., Jotić, M., Veljović, M. (2004). Monitoring of landslides on coridor 10 passing through Serbia on the strech from Novi Sad to Niš, 32nd IGC – Internat. geological congress, Florence, Italy.

[3] Jelisavac, B., Vujanić, V., Mitrović, P., Milenković S. (2006). Geotechnical investigations and repair of the landslide Umka-Duboko on the route of motorway E-763 Belgrade – south Adriatic, Prague Geotechnical days, Praha, Czesh Republic.

[4] Milenković, S., Jelisavac, B., Vujanić, V., Jotić, S. (2010). Monitoring of landslides in Serbia, 14th Danube – Europen Conference Geotechnical Engineering, Bratislava, Slovakia.

[5] Milenković, S., Abolmasov, B., Jelisavac, B., Vujanić, V. (2012). Klizište Umka – prvi GNSS monitoring projekat u Srbiji, VIII međunarodni naučno-stručni skup „Savremena teorija i praksa u gradioteljstvu“, Banja Luka.

MANAGING HIGHWAY LANES – DOES IT IMPROVE EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS?

Goran Nikolic P.Eng.[1]
[1]*Ontario Ministry of Transportation, 6th Floor, Building 'D', 1201 Wilson Avenue, Downsview, ON, CAN M3M 1J8*
goran.nikolic@ontario.ca

Rob Pringle P.Eng.[2] *(Corresponding Author)*
[2]*MMM Group Ltd., Suite 300, 2655 North Sheridan Way, Mississauga, ON, CAN L5K 2P8*
pringler@mmm.ca

Abstract: *Highway lanes can be managed to achieve various objectives. In the case of high-occupancy vehicles (HOV's), an exclusive HOV lane has been shown to increase the proportion of multiple-occupant vehicles and therefore the person-capacity of the highway. Managing lanes for specific classes of vehicles, such as high-occupancy autos, transit vehicles, or commercial vehicles, can yield operational or safety benefits or achieve more strategic objectives.*

This paper contains a case-study evaluation, undertaken for the Ontario Ministry of Transportation, of managed lanes for specific classes of vehicles, including high-occupancy vehicles and commercial vehicles. Highway 427, from Highway 401 north to Highway 7, was used as a case study. Micro-simulation, using the VISSIM package, was the evaluation tool of choice. Simulation of 2011 traffic conditions was undertaken under various lane-management scenarios, including general-purpose use at all times (existing situation) and various levels of restricted use with respect to specific vehicle classes. Findings are discussed in the context of how the Ministry of Transportation can best utilize additional lanes that may be constructed in the future.

Keywords: *HOV lanes, managed lanes, CV lanes*

1. INTRODUCTION

In their 2004 report Managed Lanes: A Cross-Cutting Study, the US Federal Highway Administration defines "managed lanes" as:

> "*a limited number of lanes set aside within an expressway cross-section where multiple operational strategies are utilized, and actively adjusted as needed, for the purpose of achieving pre-defined performance objectives*."

They go on to identify the controlling of price, vehicle eligibility, or access as potential operational strategies that can be combined as required. They also mention typical objectives, including those that relate primarily to the efficiency of traffic flow within the lanes or those that reference other corridor or community objectives. Key elements of this definition include the use of "multiple" operational strategies and the "active" adjustment of these strategies. Strictly speaking, the typical High-Occupancy Vehicle (HOV) lane could be excluded from this definition due to the lack of active strategy adjustment in most cases. However, the current paper adopts a slightly broader definition that includes "off-line" or "passive" management as well as "real-time" or "active" management.

Within the broader definition, managed lanes might include HOV lanes or lanes limited to other specific classes of vehicles such as transit or commercial vehicles, High-Occupancy Toll (HOT) lanes providing service to both HOV's and paying customers, and Express Toll Lanes for paying customers only. In the latter two, paying customers are provided with a premium level-of-service through toll-level adjustments made either in real-time or off-line in an attempt to ensure that traffic flow does not deteriorate.

The Ministry of Transportation of Ontario has embarked on a program of HOV lane implementation on the expressway system in the Greater Toronto Area. HOV lanes, limited to vehicles with two or more occupants (HOV2+) were implemented on Highways 403 and 404 in December 2005 and have demonstrated success in

increasing the proportion of high-occupancy vehicles and the number of persons carried by these expressways during peak periods, and in reducing congestion levels. However, as is often the case, use of the HOV lanes during uncongested off-peak periods is lower. As travel speeds in the general-purpose lanes approach those in the HOV lanes under conditions of lower congestion, HOV drivers may prefer to use the general-purpose lanes to retain the ability to overtake as desired.

The current study was designed to assess the relative operational benefits of HOV lanes vs. other special use lanes, in this case lanes designated for commercial vehicle use. Not only was exclusive, full-time use by one or the other category of vehicles considered, but possible combinations of strategies. One example is the possible use of exclusive lanes by HOV's (2+ in the Ontario highways context) during peak periods and by commercial vehicles during off-peak periods where they represent a higher proportion of the traffic stream. These strategies were compared with a baseline condition where the lanes were open for general-purpose use.

A case-study approach was taken, utilizing Highway 427 between Highway 401 and Highway 7 as the "case" (see Figure 1). This section of highway connects with Highways 401 and 409, the Highway 407/ETR toll route, and the Queen Elizabeth Way, and provides access to the Lester B. Pearson International Airport, and a variety of intermodal facilities and industrial areas. In part, this corridor was chosen due to its relatively high usage by commercial vehicles. Plans are now being drawn up to both widen portions of Highway 427 and to extend it northward.

Estimated 2011 conditions were evaluated, in part since any new construction would not likely be in place before then, and in part to make use of a concurrent study to evaluate potential future HOV demand. The evaluation tool used in this case was the VISSIM micro-simulation package, due to its successful calibration and previous use on this and other area highways and to its powerful and flexible measures of operational performance. Safety issues were not considered in this analysis.

The paper first describes the existing conditions, focusing on those aspects that might determine the applicability of managed lanes involving commercial vehicles. The operational performance of alternative commercial vehicle (CV) and HOV managed lanes is then evaluated and potential strategies considered. Finally, conclusions are drawn concerning the relative effectiveness and efficiency of the alternative strategies.

This paper represents the result of research commissioned by the Ministry of Transportation of Ontario. It does not represent the current policy of the Ministry. It represents a specific test situation: caution should be exercised in generalizing the results.

2. TRAFFIC CONDITIONS ON HIGHWAY 427

In this section, traffic patterns and composition are examined with an eye to evaluating the possible parameters for managed lanes involving HOV's and CV's.

2.1 HOV Use of Expressways

Although the potential implementation of HOV lanes on Highway 427 has been studied and it has been concluded that there would be sufficient HOV traffic to warrant this implementation, we must turn to existing HOV facilities for information on actual use patterns. In this case, we will examine Highways 403 and 404, on which HOV lanes were implemented in late 2005, as an example.

Figure 2 shows HOV lane utilization data collected approximately six months after the lanes were opened. Utilization is highest in the peak direction during the peak period, as expected, when volumes can range from 500 to over 1,200 veh/h. In the off-peak direction during the peak period, and at other times of the day, utilization is much lower: on Highway 403, it ranges from 200 to 300 veh/h and on Highway 404 (southbound), it ranges from 300 to 600 veh/h. The proportion of total HOV's using the HOV lanes is also higher during in the peak direction during the peak period, ranging from 50 to over 80 per cent. In other situations, it falls in the

range of 20 to 60 per cent. In the peak direction during peak periods, congestion in the general-purpose lanes encourages increased use of the HOV lanes. High-occupancy vehicles not using the lanes are often in transit between the HOV lanes and entrance or exit ramps. In the off-peak direction and during off-peak times, a lack of congestion in the general-purpose lanes means that traffic in these lanes can travel at essentially the same speed as that in the HOV lanes and has the additional advantage of greater freedom to maneuver and to overtake.

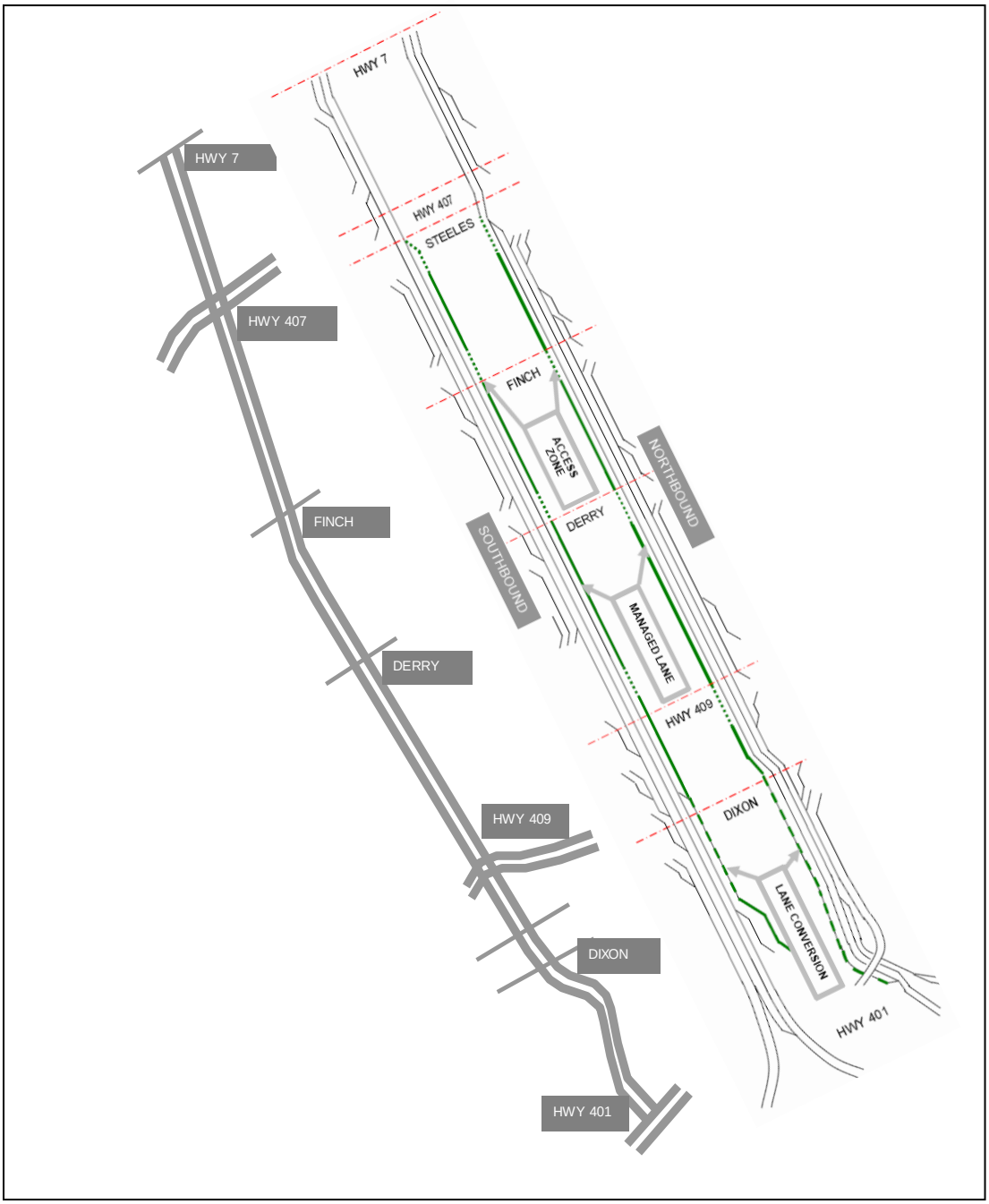


Figure 1: *Highway 427 Corridor*

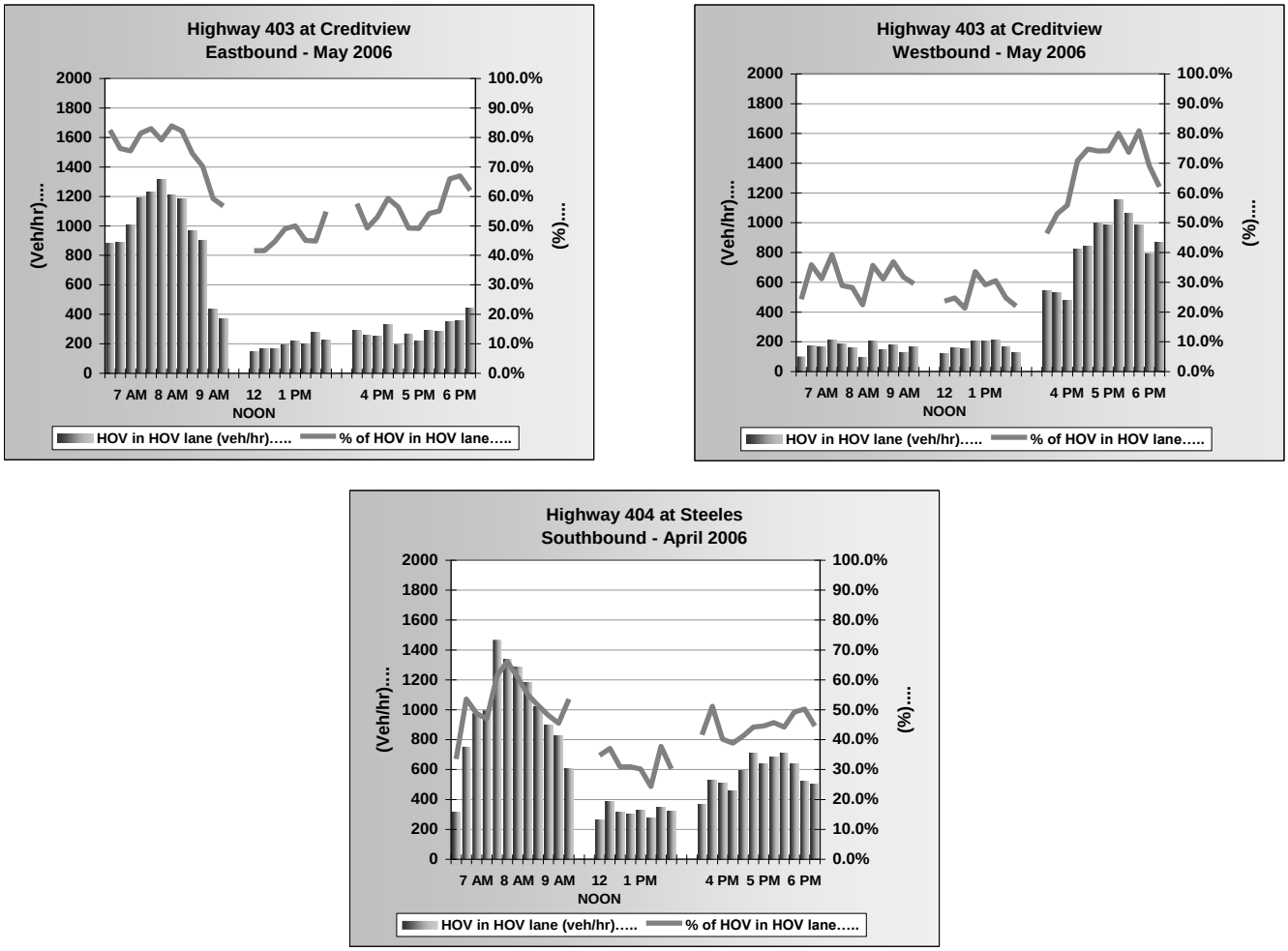


Figure 2: *HOV Lane Utilization*

2.2 Commercial Vehicle Use of Highway 427

The section of the Highway 427 corridor under consideration is in an area with many potential destinations for commercial vehicles. As shown in Figure 3, this section of Highway 427 provides expressway connections directly to the Lester B. Pearson International Airport and indirectly to the large Canadian Pacific and Canadian National intermodal terminals. As an ad hoc indicator of trucking activity related to the industrial areas surrounding Highway 427, an aerial photograph was examined and sites with more than twenty-five visible semi-trailers were also identified on Figure 3.

Figure 4 shows commercial vehicles in various classes on Highway 427 north of Steeles Avenue as a percentage of total vehicles (from Cordon Count data). Total CV's peak at 35-40% of total vehicles, not including the evening and night-time hours, while heavy and medium CV's peak at about 15-20% combined. These proportions are significantly higher than is typical for expressways in the Greater Toronto Area. It is quite apparent that the percentage of commercial vehicles is substantially lower during peak periods when the volume of automobile traffic increases substantially and congestion is more pronounced.

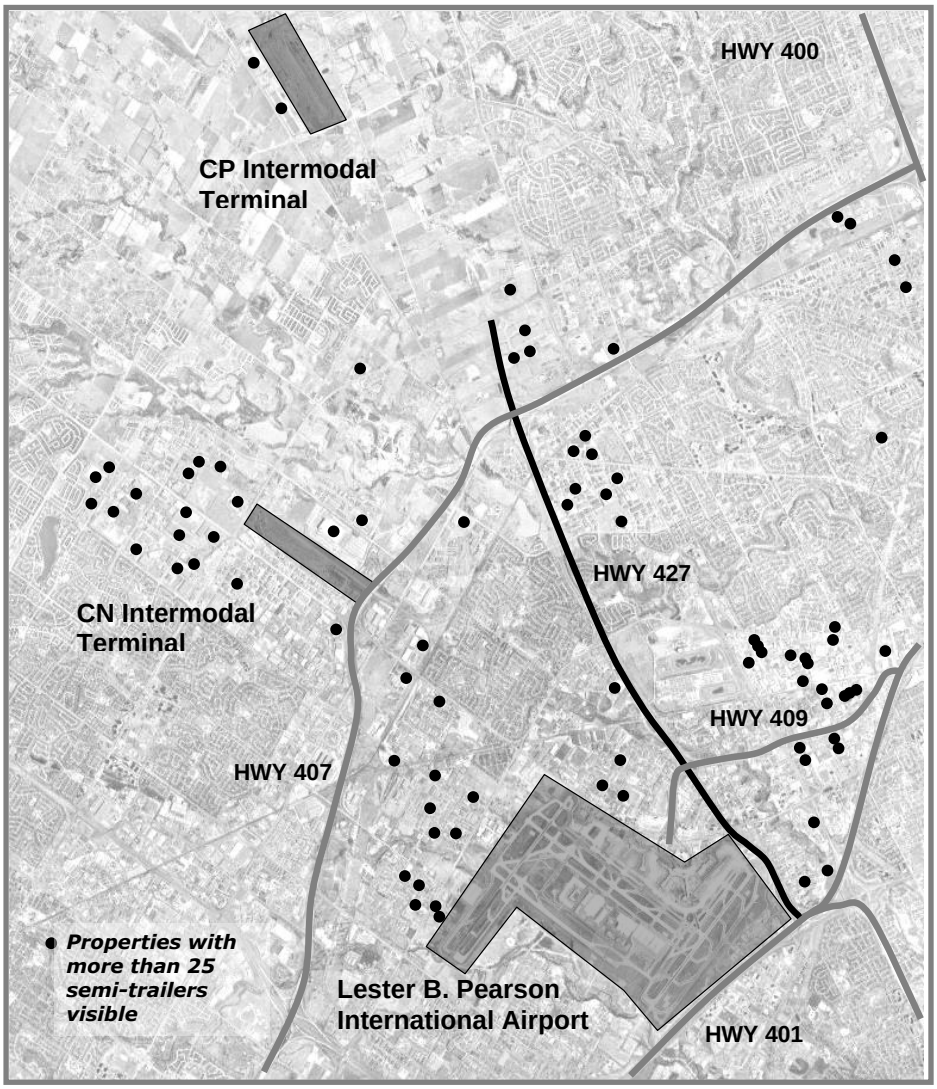


Figure 3: *Commercial Vehicle Destinations near the Highway 427 Corridor*

Notwithstanding the pattern of CV proportion as shown in Figure 4 above, the actual volume of commercial vehicles is relatively more consistent throughout the day, with some falling off during peak periods, in contrast to automobile traffic which exhibits definite peaks as shown in Figure 5. Figure 5 also indicates that total CV volumes remain in the range from 300 to over 400 vehicles/h from before 8 am. to between 4 and 5 pm. Considering the auto equivalency of medium and heavy trucks, this represents an equivalent auto volume approaching twice those numbers. The volume of heavy trucks also remains relatively consistent throughout the day; between 50 and 150 vehicles/h.

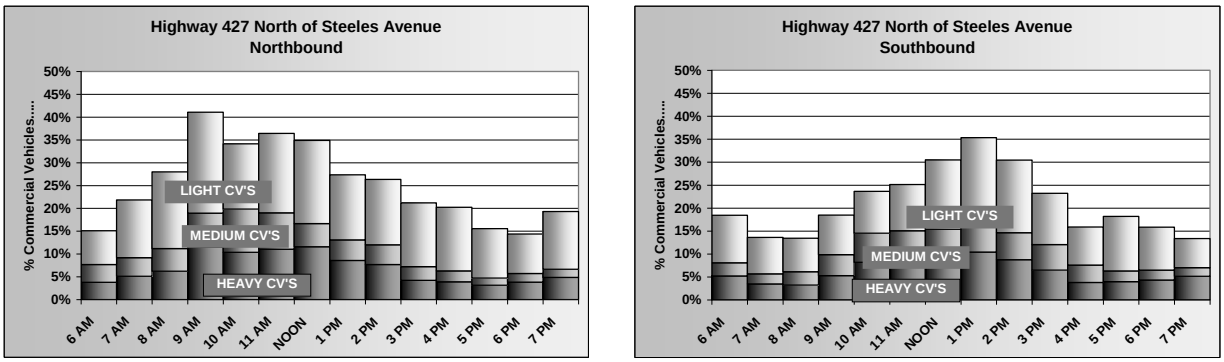


Figure 4: *Commercial Vehicles as Percentage of Total Vehicles*

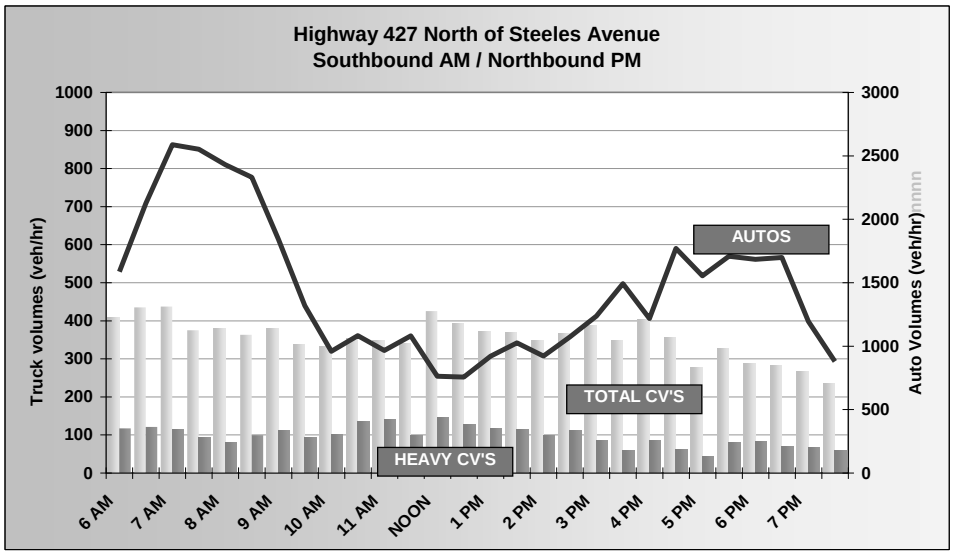


Figure 5: *Time Distribution of Vehicular Volumes by Class*

The existing allocation of commercial vehicles across the lanes of the highway was obtained from a purpose-designed survey and is shown below on Figure 6. In both the 3-lane section between Derry Road and Finch Avenue and the 5-lane section between International Boulevard and Dixon Road, vehicles over 6.5 metres in length are prohibited from using the median lane. In both sections, the highest concentration of trucks is found in the lane next to the median lane, about 55-60% of medium and heavy trucks using this lane in the 3-lane section and about 35-40% using it in the 5-lane section. These concentrations, particularly in the 3-lane section, contribute to the perception and/or reality of a "wall" of trucks that may inhibit free use of the available lanes by other drivers.

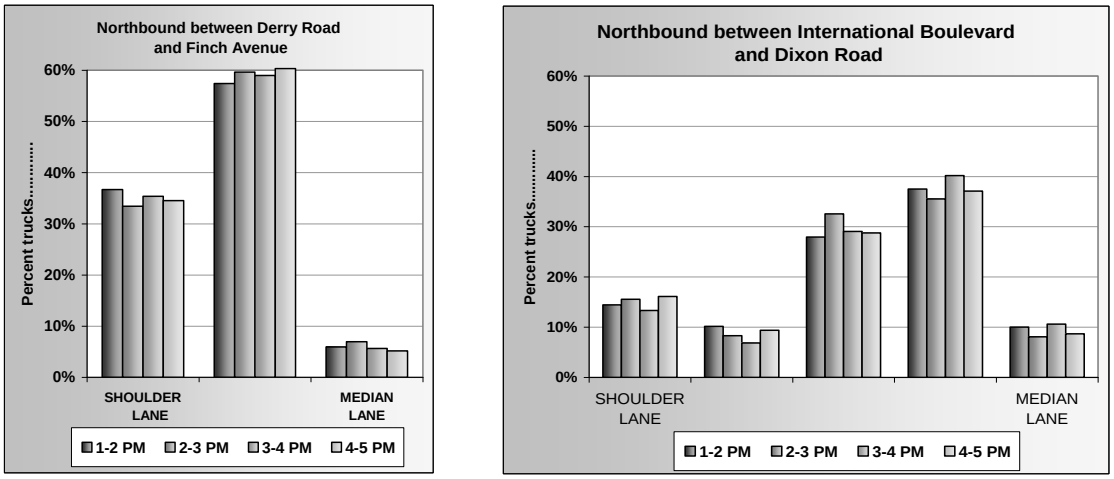


Figure 6: *Commercial Vehicle Use of Available Lanes*

2.3 Opportunities for Implementation of Managed Lanes

Taking the information presented above as a whole, the following observations may be made concerning the potential for managed lanes in the Highway 427 corridor:

- Existing HOV lanes on expressways are under-utilized in the off-peak direction during peak periods and in both directions outside of peak periods. There is an opportunity to make more efective use of these lanes when not heavily used by HOV's themselves.

- The Highway 427 corridor provides direct or indirect access to many existing destinations for trucking movements, including the Lester B. Pearson International Airport, the Canadian National and Canadian Pacific intermodal terminals, and much industrial and commercial acreage. The planned extension of Highway 427 northward will improve expressway access to the Canadian Pacific intermodal terminal in Vaughan and will extend the potential catchment area for the highway. Highway 427 is a potential "early winner" in terms of managed-lane strategies that address commercial vehicle movements.

- Existing total truck volume on Highway 427 is typically around 400 vehicles/h over the day. This is equivalent to almost twice that number of automobiles. Commercial vehicle volumes are typically quite consistent over the course of the day, in contrast to automobile volumes that are sharply higher during peak periods. A lane designated for commercial vehicle use could be utilized consistently over the day. Commercial vehicles comprise a significantly higher proportion of total traffic outside peak periods.

- The distribution of commercial vehicle traffic across the lanes of Highway 427 is such that there is typically a concentration of heavy vehicles in the lane adjacent to the median lane. This may represent an actual or perceived "barrier" to free use of all lanes. Mitigating this "barrier" effect may be perceived as a benefit.

The following section summarizes the results of some analyses undertaken to evaluate managed-lane strategies addressing commercial vehicle movement. The current analysis is at a conceptual level and does not include an evaluation of existing safety conditions and possible related issues.

3. OPERATIONAL EVALUATION OF MANAGED LANE OPTIONS

3.1 Methodology

Given that potential HOV lanes had already been analyzed for Highway 427 using a VISSIM micro-simulation model and that HOV lane implementation appeared promising, it made sense to evaluate managed lanes in that context. The previous analysis included an evaluation of existing (2006) and future (2011, 2021) conditions. The VISSIM micro-simulation models developed included scenarios with both buffered HOV lanes with defined access/egress zones and with continuous-access HOV lanes. The access/egress zones were placed, in accordance with Ministry design guidelines, to provide adequate lane-changing distance between these and adjacent on and off-ramps and to minimize the possibility of abrupt movements across the highway.

For the current analysis, recognizing its conceptual nature, it was decided to use the model with the buffer-separated HOV lanes, re-defining these as commercial vehicle or CV lanes, available for use by only medium or heavy trucks. The median lane is the only practical location for a CV lane as any other lane would have to be crossed by non-CV traffic. It was necessary to remove all restrictions on vehicles over 6.5m to maintain access to the median lane.

Commercial vehicle patterns of movement are not as well-understood as the movement of people in most areas and are neither regularly nor intensively surveyed. The last significant survey of commercial vehicle movements, apart from weigh-station surveys at limited locations, was undertaken in 1989 by the then Municipality of Metropolitan Toronto. The information gathered for that study was not of sufficient detail to be used in this case. Instead, a “seed” traversal matrix for the highway corridor was generated by applying varying CV percentages to the cells in the auto traversal matrix and factoring and balancing the result to conform with recent mainline commercial vehicle counts. Matrices were generated for both heavy and medium trucks, light trucks having been included in the adjusted auto matrices. Since the evaluation was intended to address 2011 conditions, nominal growth adjustments, in the order of 3 to 5 per cent, were made to existing matrices.

To provide adequate information for the evaluation of possible managed-lane options, three comparable models were run for the four-hour period from 1 pm. through 5 pm. The first had designated HOV lanes, the second replaced the HOV lanes with CV lanes, and the third had additional general-purpose lanes in place of the HOV or CV lanes. The northbound direction was modeled since it is the peak traffic direction during the afternoon peak hour and is subject to varying degrees of congestion both today and in the future. It should be noted that north of a point between Dixon road and Highway 409, the HOV/CV lane is an added lane, while south of that point, it is a converted general-purpose lane.

3.2 Measures of Effectiveness

Analysis of the micro-simulation modeling results was oriented to several key measures of effectiveness:

- the utilization of the HOV or CV lane;
- travel times for both the HOV/CV lane and for the general-purpose lanes; and,
- distribution of heavy vehicles across the general-purpose lanes.

3.3 Utilization of the HOV/CV lanes

The utilization of the HOV and CV lanes is shown on Figure 7. The first thing to notice is that utilization of both the HOV and CV lanes is markedly lower in the southern part of the study section. The reason for this lies in the location of the access zones whereby traffic originating from the west on Highway 401 cannot access the HOV or CV lane until they reach Highway 409. Leaving that aside, one notes that the utilization of the HOV lane gradually increases over the afternoon to a maximum during the 4 to 5 PM peak hour, while utilization of the CV lane is more consistent over the afternoon.

Except for the most northerly section, where CV volumes are uniformly high, it can generally be said that the utilization of the HOV lane is typically higher than that of the CV lane from 3 to 5 PM while the utilization of the CV lane is equal to or higher than that for the HOV lane between 1 and 3 PM. This suggests that designation of the lanes for HOV use during peak periods and for CV use outside peak periods is a lane management strategy worth considering.

Peak utilization of the HOV lane in 2011 is between 600 and 850 veh/h north of Highway 409 and marginally less than 500 veh/h south of that point. When operated as a CV lane, the peak utilization is about 600 to 700 veh/h north of Derry Road and about 200 to 300 veh/h further south. However it should be noted that in terms of reducing the load on the remaining general-purpose lanes, one CV is worth about two HOV's in terms of operational equivalency due to the larger vehicle size and reduced acceleration performance. At the same time, a "new" HOV (about half of them are new) replaces approximately two single-occupant autos.

3.4 Travel Times

Figure 8 shows comparative travel times for four sub-sections of the corridor.

South of Highway 409, travel times are uniformly equivalent to free-flow speed since the highway is wider through that section (five lanes) and congestion is minimal. Travel times in the HOV or CV lanes are also uniformly equivalent to free-flow speeds.

In the general-purpose lanes north of Highway 409, however, a very definite pattern emerges. The CV configuration is able to maintain essentially free-flow travel times until much later in the afternoon than the HOV configuration, typically until the peak traffic period begins at around 3 PM. In contrast, the general-purpose lanes under the HOV configuration begin to slow around 1-2 PM. This again suggests that there may be greater benefit to be obtained by designating the lanes for CV use outside peak periods. During peak periods, policy considerations and the benefits to be gained by increasing the average auto occupancy favour the HOV alternative.

It is apparent that travel times for HOV's and CV's using exclusive lanes would be more reliable than if they were using the general-purpose lanes, by virtue of the lack of congestion in the exclusive lanes. This reliability advantage would increase over time as congestion becomes more prevalent on the highway in general.

3.5 Lane distribution

Figure 9 compares the distribution of commercial vehicles across the available highway lanes between today's situation, without a CV lane, and the situation with a CV lane in place. As noted previously, the CV lane is a converted general-purpose lane south of a point between Dixon Road and Highway 409.

At the northerly of the two locations shown on Figure 9, where there is currently a three-lane cross-section, the heavy concentration of trucks found today in the lane adjacent to the median lane (55%) is shifted to the CV lane, essentially eliminating the "wall" of trucks and limiting the concentration in all of the lanes to less than 12 per cent. At the southerly location, where there are five lanes today and access to the CV lane is not available for vehicles from Highway 401 to the west, the shift is still apparent but not as significant, although the maximum concentration of commercial vehicles in any one lane is reduced from 35 per cent to 25 per cent.

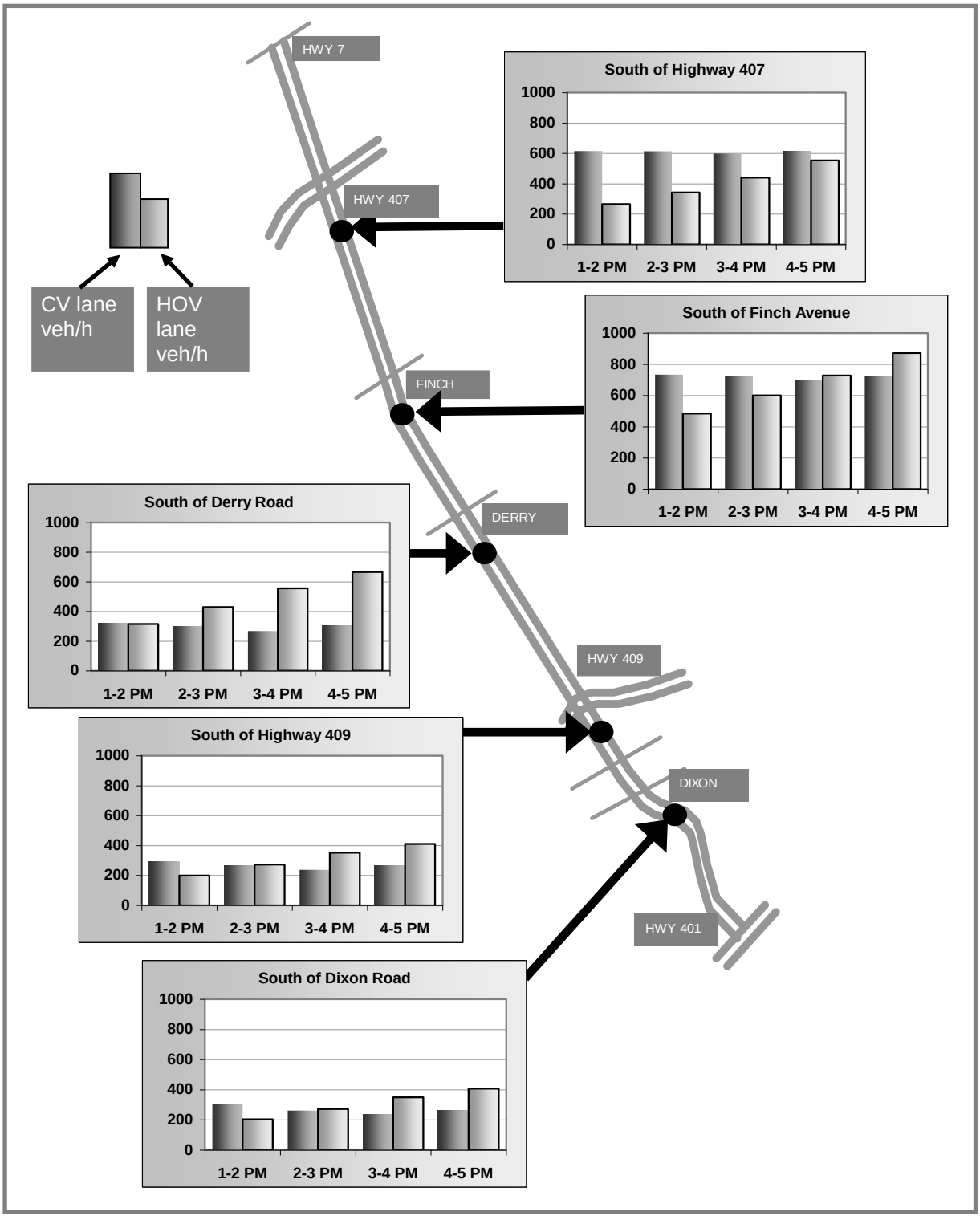


Figure 7: *Utilization of HOV vs. CV lanes*

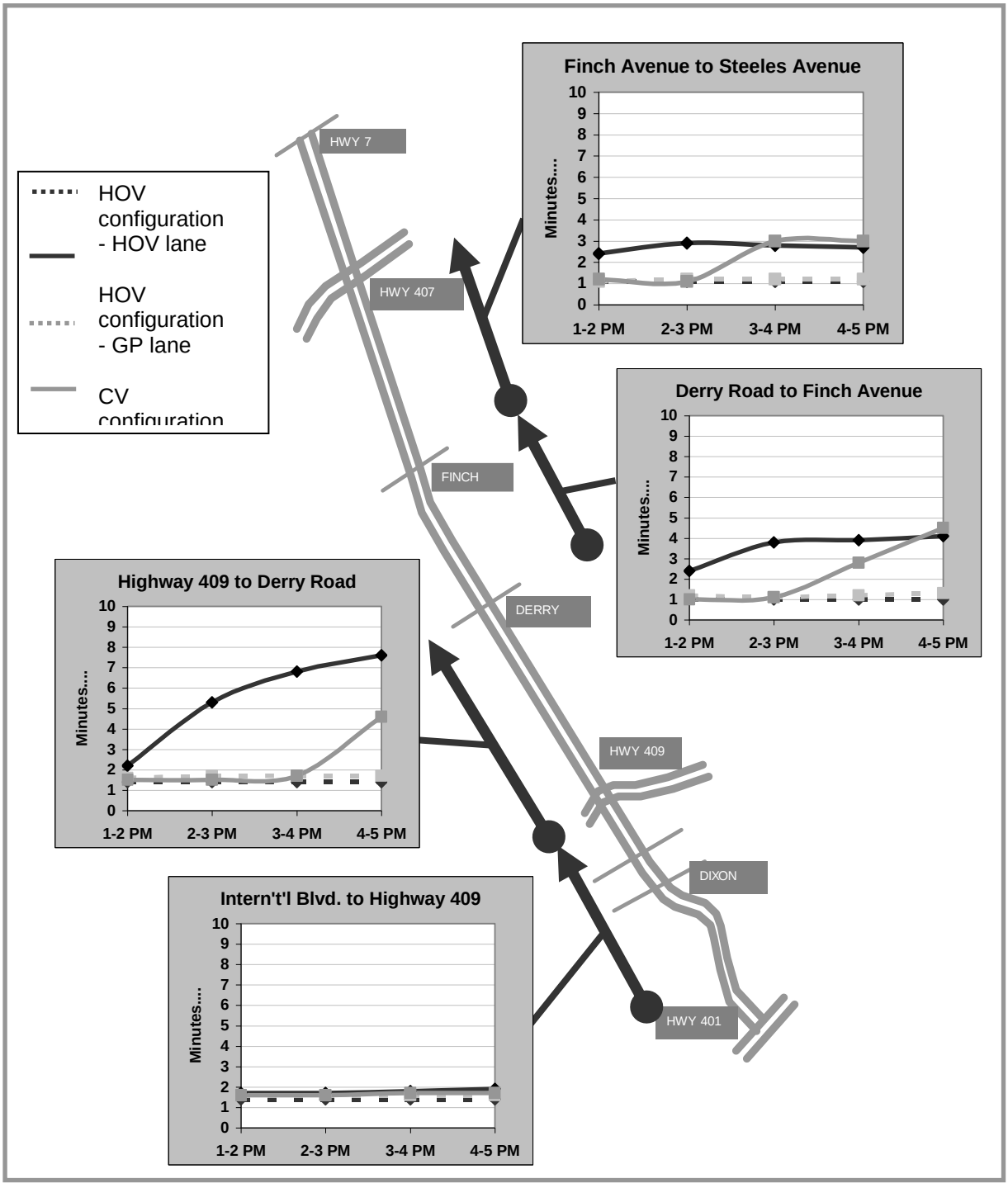


Figure 8: *Comparative Travel Times by Section*

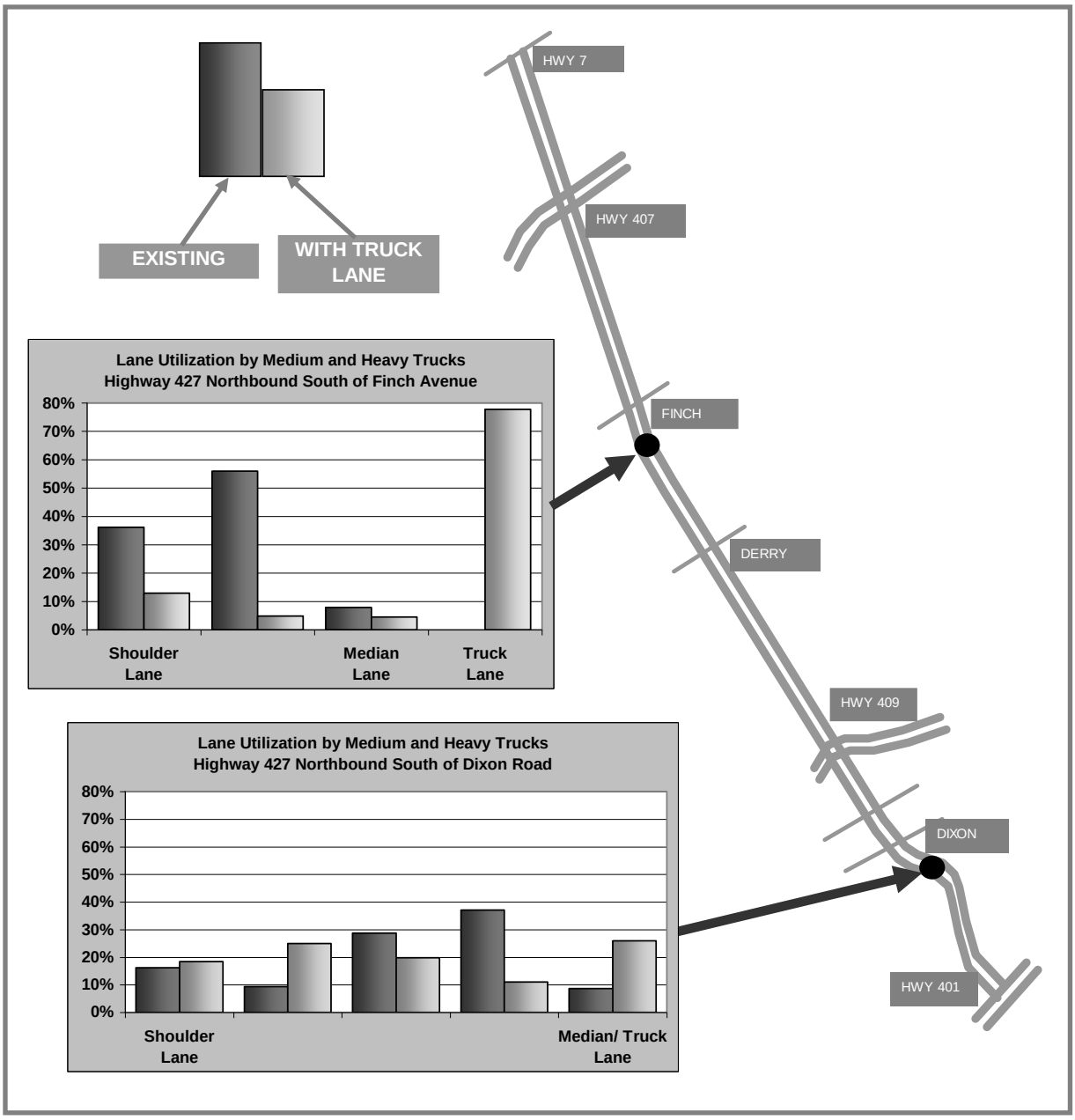


Figure 9: *Lane Distribution*

4. CONCLUSIONS

In the context of current planning and implementation of HOV lanes on Greater Toronto Area expressways by the Ontario Ministry of Transportation, the concept of managed lanes was explored. One possibility, considered in this paper, was the provision of exclusive lanes for commercial vehicle use. A section of Highway 427 was chosen as a pilot study due to its role in serving major origins and destinations for commercial vehicle movement.

An examination of current traffic patterns on Highway 427 suggests that there is potential for managed lanes to accommodate both high-occupancy autos and commercial vehicles, although at different times of the day. Analysis using micro-simulation indicates potential benefits to both classes of vehicles and to other expressway users in terms of maximizing utilization of the managed lanes and the expressway as a whole, achieving auto occupancy objectives, providing reduced and more reliable travel times, and minimizing the impact of large commercial vehicles on traffic flow.

It should be stressed that this is a limited and somewhat conceptual review. Safety aspects have not been explicitly considered. The results obtained here for Highway 427 cannot be generalized to other highways in the Greater Toronto Area without comparable evaluation. The section of Highway 427 studied here has unique characteristics, by virtue of location and operating characteristics that appear to render it a likely candidate for success with this paradigm of managed lanes.

Finally, it is stressed that this is purely an exploratory review. In no way does it represent a current or planned policy direction of the Ontario Ministry of Transportation. This study was conducted in the context of broader international interest in the concept of managed lanes.

EVALUATING HOV PLANS AND PRIORITIES – THE CASE OF EXPRESSWAYS IN THE GREATER TORONTO AREA

Goran Nikolic P.Eng.[1]
[1]Ontario Ministry of Transportation, 6th Floor, Building 'D', 1201 Wilson Avenue, Downsview, ON, CAN M3M 1J8
goran.nikolic@ontario.ca

Rob Pringle P.Eng.[2] *(Corresponding Author)*
[2]MMM Group Ltd., Suite 300, 2655 North Sheridan Way, Mississauga, ON, CAN L5K 2P8
pringler@mmm.ca

Abstract: *The proportion of High-Occupancy Vehicle (HOV) commuting trips in the Greater Toronto Area (GTA – includes the City of Toronto and the Regions of Halton, Peel, York, and Durham) has been declining over recent years. In an effort to reverse this decline and make more efficient use of the available infrastructure, the Ministry of Transportation of Ontario has begun to implement HOV lanes on the 400-series highway system. The implementation of HOV lanes on portions of Highway 403 and 404 in late 2005 met with substantial success, being well-used in peak periods. In support of the planning and prioritization of future HOV lane implementation, the Ministry conducted several studies, one focused on the Greater Toronto Area west of Highway 427 and one focused on the area to the east, to forecast HOV use of potential future HOV network components. The current paper addresses the GTA East study.*

The paper begins by providing some background with respect to auto occupancy and HOV use trends in the Greater Toronto Area. The success of the Highway 403 and 404 HOV lanes is reviewed briefly as context to the development and testing of a broader network. The modeling process used to forecast future HOV use in response to potential HOV lane network configurations is presented as an integrated approach, incorporating both the EMME macroscopic travel demand model and the VISSIM and PARAMICS micro-simulation models. The development and validation of a model to estimate incremental increases in HOV use as a function of travel time savings is presented and the validation of this model, using before-and-after data from the Highway 403 and 404 projects is discussed.

HOV forecasting is not a standardized tool in the transportation planning toolbox. Different approaches have been attempted with varying levels of success. This paper is a useful addition to the literature on the subject in that it discusses some of the key issues encountered and describes the development and adaptation of models and methods to address these issues. Issues discussed include making maximum use of available data, model validation with before-and-after data, and the integration of macroscopic travel demand modeling with micro-simulation to combine the strengths of both approaches.

Keywords: *HOV lanes, forecasting*

1. INTRODUCTION

Congestion on the expressway system in the Greater Toronto Area (GTA – includes the City of Toronto and the Regions of Halton, Peel, York, and Durham) is a daily occurrence, even on weekends – the only real variable is how many hours the congestion will last on any given day and this has been growing steadily over time. One initiative being pursued by the Ontario Ministry of Transportation (MTO) as a means of managing congestion involves the implementation of High-Occupancy Vehicle (HOV) lanes intended for the use of buses and autos or taxicabs/limousines with two or more occupants (HOV2+).

Before the decision to implement an HOV lane on a particular highway is made, and as part of the process to prioritize implementation, it is necessary to estimate the likely level of utilization. Not only would under-utilized HOV lanes reduce their effectiveness as a congestion management tool, but they would also weaken support for the retention of existing HOV lanes and the implementation of new lanes. In fact, under-utilized HOV lanes (whether or not this under-utilization is real or perceived) have been converted to "High-Occupancy Toll" (HOT) lanes in some jurisdictions to increase utilization while others have been converted back to "General Purpose" (GP) lanes. While the numbers of existing HOV's on the highway system can be obtained from existing data sources, it is also necessary to be able to estimate the number of new HOV's that might be "induced" due to improvements in travel time and reliability offered through the use of an HOV lane.

In the determination of implementation priorities and timing, it is also necessary to evaluate how well HOV lanes on any given highway might be utilized as stand-alone components. It is also necessary to assess the synergies that might exist if these HOV lanes were to be implemented in conjunction with a more extensive HOV network.

In 2001, the MTO contracted with the MMM Group to undertake the HOV Opportunities Study to evaluate the feasibility of implementing HOV lanes on the 400-series expressways in the GTA. On the heels of that study, a two-part effort to estimate HOV use on the expressway network under different HOV lane implementation sequencing strategies was initiated. This study was designed to identify "early winners" and critical interdependencies, and evaluate the need for "critical mass" in HOV lane implementation. In December, 2005, HOV lanes were implemented on Highways 403 (eastbound and westbound) and 404 (southbound only – the northbound HOV lane was added more recently). Also in late 2005, MTO retained the MMM Group to undertake a parallel study for the eastern half of the GTA.

When the current study was originally conceived, the focus was on the determination of implementation priorities and timing with respect to HOV lanes on the GTA expressway system, essentially starting with a clean slate. However, in the meantime, the success of the HOV lanes implemented on Highways 403 and 404 have sharpened MTO's policy focus on their potential role as a travel demand and traffic management tool. In that context, the MTO's ongoing program of planning, designing, and implementing improvements to the GTA highway system has required decisions on whether or not expressway lanes proposed to be added should be HOV or GP lanes. Particularly in cases where the proposed widening takes the highway to its maximum feasible cross-section, the decision to implement the new lanes as HOV or GP lanes cannot be taken lightly. In such cases, initial implementation as GP lanes may make it difficult to operate HOV lanes in the future due to the political issues associated with the conversion of GP to HOV lanes.

The purpose of this paper is to discuss the framework developed to forecast HOV forecasting and identify some of the opportunities to utilize both existing and newly-available data and techniques in conjunction with the estimation of HOV use for the eastern portion of the GTA. The implementation of HOV lanes on Highways 403 and 404 and the associated collection of extensive before-and-after data provided an opportunity to investigate enhanced HOV forecasting procedures based on local experience. Up till now, including the case of the parallel study of the eastern half of the GTA, models had been largely "transferred" in from the United States or elsewhere. At the same time, rapid growth in the application of micro-simulation to the operational evaluation of GTA highways suggested possible roles for this emerging tool in conjunction with more traditional modeling techniques to improve future HOV forecasts.

2. BACKGROUND

An analysis of the 1996 and 2001 Transportation Tomorrow Surveys (TTS - a comprehensive travel survey involving 5% of the households in the GTA) indicated that for peak-period, home-to-work trips by persons 18 years or older, the average occupancy dropped from 1.135 to 1.12 over this 5-year period. This analysis utilized a segmentation of the GTA into 14 "super-zones"; the boundaries being based on regional jurisdictions (to reflect differences in transit level-of-service) and on population and employment.

Figure 1 shows the changes in the average number of occupants per automobile for morning peak-period trips originating in the superzones. In only one case was there an increase in the auto occupancy. Although appearing modest, these widespread reductions in auto occupancy imply a noticeable impact on the number of automobiles required to accommodate the daily commute in the GTA. The maximum possible percentage reduction in auto occupancy, if one were to start from an occupancy of 1.13 and drop to 1.00, for example, is 11.5%. This trend has also been noticed in other North American jurisdictions.

In late 2005, MTO added HOV 2+ lanes (for autos with two or more occupants) to the following expressway facilities (see Figure 2 for general location):

1. on Highway 403 from Highway 401 to Winston Churchill Blvd in the Regional Municipality of Peel. This is a two-way facility implemented on the median lanes with a marked buffer zone and delineated access zones near interchanges;
2. on Highway 404 from Highway 7 in the Regional Municipality of York to Highway 401 in the City of Toronto. This is a one-way (southbound only) lane with similar design features as the Highway 403

lanes but also featuring an exclusive, direct HOV ramp connecting with Highway 401 westbound through a tunnel. A northbound HOV lane was subsequently added to Highway 404.

In both cases, new lanes were added to the cross-section to accommodate HOV's.

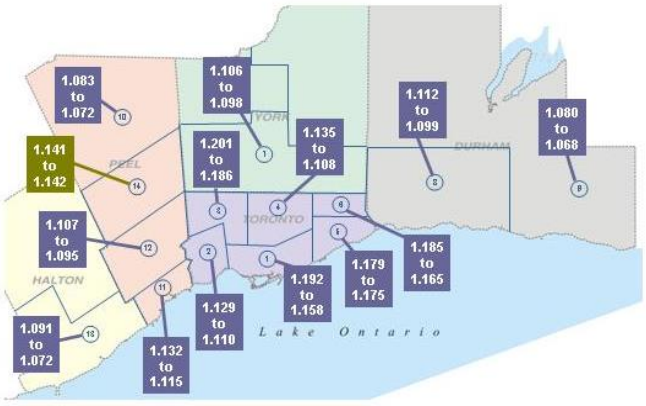
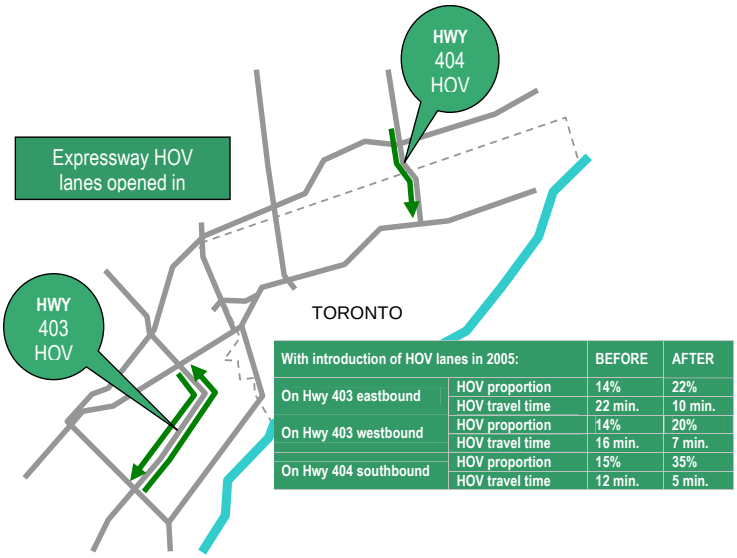


Figure 1: *Changes in average auto occupancy between 1996 and 2001 for morning peak-period commuting trips originating from 14 super-zones*

Also as shown on Figure 2, the new HOV lanes achieved substantial utilization within a short time after implementation (the numbers shown were collected after six months). HOV's as a proportion of total autos increased from a background level of some 14-15% to approximately 20-22 per cent on Highway 403 and 35% on Highway 404, the higher "after" proportion for Highway 404 reflecting the higher level of congestion on that facility. Figure 2 also shows that the travel times for HOV's using the new lanes were reduced by more than 50%.



With introduction of HOV lanes in 2005:		BEFORE	AFTER
On Hwy 403 eastbound	HOV proportion	14%	22%
	HOV travel time	22 min.	10 min.
On Hwy 403 westbound	HOV proportion	14%	20%
	HOV travel time	16 min.	7 min.
On Hwy 404 southbound	HOV proportion	15%	35%
	HOV travel time	12 min.	5 min.

Figure 2: *Changes in HOV proportions and travel times when HOV lanes were implemented on Highways 403, 404*

The first part of the study to estimate future HOV use for various implementation strategies was conducted for the western portion of the GTA, namely the Regions of Peel and Halton. This study made use of the EMME

travel demand forecasting framework with HOV utilization being estimated using a logit model with coefficients obtained from similar work undertaken for the I394 project in Minnesota.

The following sections describe the approach used in the second part of the study, conducted by MMM Group for the eastern portion of the GTA, consisting of the City of Toronto and the Regions of York and Durham. Changing circumstances between the initiation of the first and second parts of this study provided an opportunity to enhance the state-of-the-art through the development of a modified approach to the estimation of the impact of HOV lane implementation on the relative travel times on both the HOV and GP lanes and the resulting effect on the proportion of HOV's in the traffic stream. At the same time, actual HOV volumes using the HOV lanes could be more reliably estimated.

3. ESTIMATING FUTURE HOV DEMAND

3.1 HOV Market Segments

For purposes of market segmentation and simplification of the forecasting process, the overall HOV market was divided into the segments shown on Figure 3:

1. "Natural" HOV demand represents background demand that is independent of the presence or absence of HOV lanes. This includes car and vanpools that have formed for convenience, to save money or to participate in "Green Transportation" programs. It also includes individuals that are captive to the auto passenger mode due to lack of access to a vehicle (as a driver), lack of a driver's license, or lack of a practical transit or other alternative mode. Existing HOV demand on the GTA highway system (prior to the implementation of the HOV lanes on Highways 403 and 404) may be categorized as "natural" demand and is shown on Figure 4 at key locations on the GTA expressway system.
2. "Induced" HOV demand represents new demand that is "encouraged" through the provision of HOV lanes. New HOV's may be induced through improvements in mean travel time and/or delay and increased travel-time reliability that might result from HOV lane use. These may be converted former single-occupant vehicles (SOV's) in the same corridor or existing or new HOV's diverted from other corridors.
3. Other components of the overall HOV picture, including taxis, limousines, and various types of buses (inter-city, local, school, etc.), both existing and future.

Each of these components will be discussed separately in the following sections.

When HOV lanes are implemented on a highway, there will also likely be a "backfilling" effect. The addition of new lanes, if the HOV lanes are added rather than converted lanes, and the reduction in the number of autos in the corridor through conversion to HOV's results in under-utilized road capacity and reduced congestion. This capacity may be taken up by traffic diverting from other corridors or by traffic previously forced into the less congested "shoulder" periods before and after the peak hour.

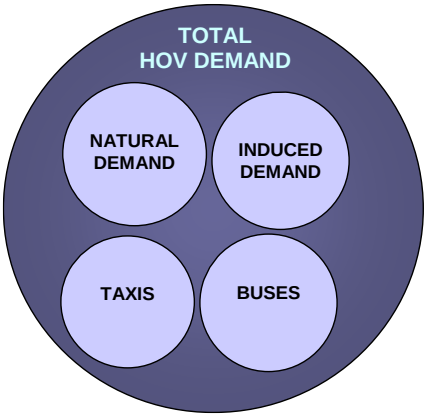


Figure 3: *HOV market segments*

3.2 Estimating Natural HOV Demand

3.2.1 Existing natural demand

Figure 4 shows the 2004 proportions of HOV's on major highways in the GTA. These proportions represent the natural demand in the sense that this data was collected before HOV lanes were implemented on the expressway system. With only a few exceptions, the "natural" proportion of HOV's on the highways ranges between 7% and 9.5% while the proportion of buses and taxis is typically less than 0.3%.

As indicated previously, there has been a recent downward trend in the natural demand. It is necessary, in the forecasting of total HOV demand, to be able to predict, with some reliability, whether this trend will continue, stabilize, or reverse itself. Two streams of analysis were followed in an attempt to better understand the factors that may be correlated with the recent decline in auto occupancy. Correlation does not necessarily imply causation in the strict sense of the word. However, this will prevent the use of this analysis to help guide our estimate of the likely future trend in HOV natural demand. It is perhaps easier to make assumptions about future trends in household auto ownership, the availability of free parking, and similar variables than it is to make assumptions about future HOV proportions directly. The data for this analysis comes from the 1996 and 2001 Transportation Tomorrow surveys, referenced previously.

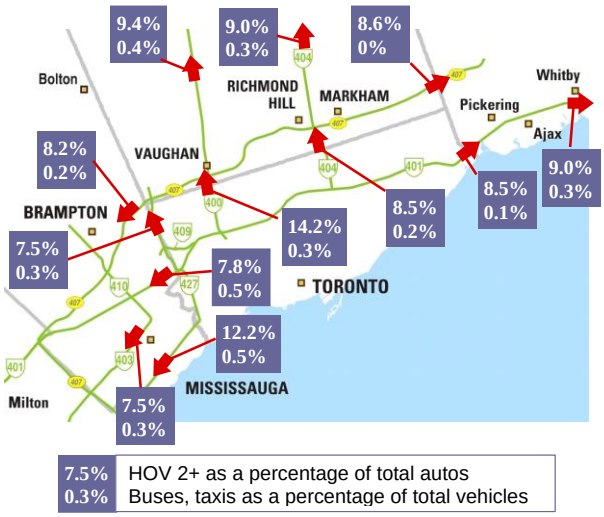


Figure 4: *HOV use of GTA highways prior to HOV lane implementation (2004 afternoon peak period, peak direction)*

3.2.2 Analysis of aggregate interzonal commuting

To evaluate relationships at the aggregate level, the GTA was divided into 14 "superzones", designed to recognize, in a general way, differences in accessibility to transit and in transit mobility across the region. For commuting trips by automobile drivers and passengers between each pair of superzones, relationships between the changes, between 1996 and 2001, in average auto occupancy and independent variables representing changes in personal, household, and trip characteristics, aggregated over all commuting trips between the superzones, were investigated.

Two rounds of analysis were conducted after combining TTS trip records, which represent "unlinked" trips, to form complete home-to-home "tours". Trips not involving the automobile, either as a driver or passenger, were not considered. The first used two-way frequency tables and scatter plots within the SPSS statistical package to examine basic relationships between changes in auto occupancy and changes in individual independent variables such as:

- possession of a driver's license;
- access to free parking at work or school;
- living as part of a household where the number of available vehicles is less than, equal to, or greater than the number of commuters (workers and older students);

- variation in working day length;
- making stops on the way to or from work or school;
- local vs. regional vs. inter-regional commuting.

No significant relationships of the correct sign were identified at the 95% confidence level.

The second round of analysis considered combinations of independent variables using a decision tree algorithm, a data mining approach housed in Visual Studio/SQL Server. This is a relatively recent development from the machine learning and artificial intelligence communities. An overview of the methodology is provided in Mitchell (1). The method works by building a decision tree down from the various values of the independent variables. Each succeeding layer or "branch" contains the "best" remaining independent variable, typically measured on the basis of how well the different possible values of the independent variable coincide with different values of the dependent variable. Advantages of this method over the traditional regression (or similar) approaches include the following:

- intuitive interpretation of the analysis results, either as a decision tree or as a series of If…Then rules;
- increased ability to address categorical variables;
- increased ability to accommodate non-linear and/or non-monotonic relationships;
- intuitive "pruning" of the tree to fine-tune the model.

No significant relationships were found as a result of this analysis, leading to the conclusion that changes in auto occupancy, between 1996 and 2001, at the aggregate level, cannot be linked reliably to changes in the independent variables considered.

3.2.3 Analysis of individual tours

At the disaggregate level, individual tours were studied at a single point in time (2001), relating modal options such as driving alone, driving a passenger, or riding as a passenger to a series of independent variables similar to those described in the previous section. A dataset of more than 75,000 individual tours was created from the TTS database. Again, two-way frequency tables, scatter plots, and decision trees were used to evaluate possible relationships.

The most obvious relationship involves the possession of a driver's license in that while only 2.7% of all commuters do not possess a driver's license, 28.9% of auto passengers do not have a license. Looking at it from another perspective, all commuters without a license were captive to the passenger mode while only 6.8% of those with a license were passengers. However, from the aggregate analysis, it was found that overall, there was a slight decrease in the proportion of licensed commuters between 1996 and 2001 which does not help to explain the decrease in auto occupancy.

The propensity to be an auto passenger does appear to vary with the availability of an automobile within the household. While 35.6% of all commuters were from a household where there were fewer automobiles than commuters, 72.4% of passengers were from a similar household. From the aggregate analysis, there has been an increase in auto availability relative to the number of commuters in the household so this variable may provide a partial explanation for declining auto occupancy.

In the case of the availability of free parking at work or school, it was found that of all commuters, 14.2% did not have free parking while 24.0% of passengers similarly did not. From the aggregate analysis, the proportion of commuters with free parking actually declined between 1996 and 2001 so that this variable does not help to explain the decrease in auto occupancy.

No other variables were found to show any meaningful or consistent correlations.

3.2.4 Natural demand estimation – Synopsis

The analysis summarized above does not provide a clear direction towards the estimation of future changes in "natural" HOV demand. Correlations were found to be weak or inconsistent. In addition, there are several potentially key variables not accounted for.

One that comes to mind is the price of gasoline. Figure 5 shows the trend in gasoline prices in Toronto between 1996 and 2001 in actual terms and in approximate "real" terms, factored by the overall Consumer Price Index (CPI). The price of gasoline actually declined between 1996 and 1999 although there was a significant "bump" between 1999 and 2001, resulting in little net change over the 5-year period. How this translates into the observed decline in auto occupancy is not clear – over most of the 5-year period the price was higher in real terms than it was at the beginning of 1999. Recent dramatic increases in gasoline prices may have an impact on both auto ownership and auto occupancy although it is not known if there is a "threshold" which the price of gas has to exceed before its effects are felt.

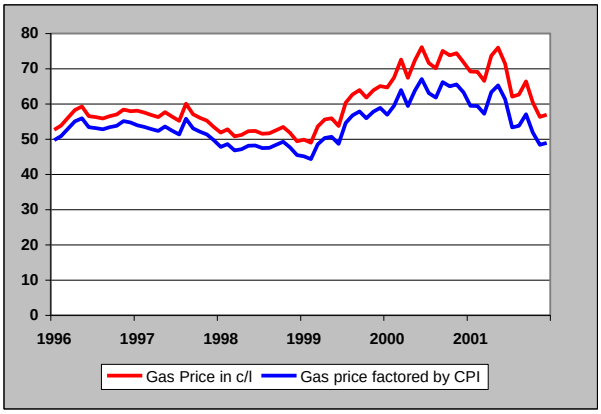


Figure 5: *Gasoline price trend in Toronto – 1996 through 2001*

Other variables not accounted for include:

- the ease with which carpools can be formed, taking into account the places of residence and employment of family members, neighbours, co-workers, etc;
- the availability of measures to promote carpooling such as preferential parking, ride-matching, carpool parking lots, etc;
- the other costs of auto ownership, including purchase, maintenance, operation, insurance, and registration; and,
- the actual proportion of "captive" vs "discretionary auto passengers – the proportion that have little choice due to the lack of alternatives.

It is concluded that a fairly simple yet meaningful method to estimate future "natural" HOV demand is not within reach. It is also not known how close the current average occupancy is to the practical minimum, taking "captivity" into account, although it cannot be far above the minimum if one takes the proportions without licenses, without access to an automobile, or without access to convenient transit service into account.

It was therefore decided that the most prudent course would be to estimate future demand using current HOV proportions as a reasonable baseline level and structure a sensitivity analysis around this baseline, leaning towards a future increase rather than decrease of "natural" HOV demand.

3.3 Estimating Induced HOV Demand

3.3.1 Induced HOV demand modelling approach

There have been a variety of approaches described in the literature for the estimation of induced HOV demand, including logit (modal split) models, diversion curves, and regression analysis. The predecessor to the current study, covering the western portion of the GTA, estimated induced HOV demand by casting ridesharing as an alternative to driving alone in a nested logit model within the mode split process of the EMME demand forecasting framework. At the time, this was a logical choice given the lack of "local" experience and data. Due to changing circumstances, including the emerging availability of local data on the impact of HOV lane implementation, and a desire to enhance the overall process, a somewhat different approach was used in the

current study although the EMME framework in use in the GTA retained a central role. The primary objectives in developing this enhanced approach were as follows:

1. To make use of the before/after flow and speed data collected in connection with the HOV lanes implemented on Highways 403 and 404;
2. To improve on the ability of the speed/flow curves in the current EMME model to estimate travel-time differential between HOV and general-purpose lanes;

Calibration of a logit mode-split model as was used for the previous study of the west half of the GTA required trip level data which was not available in the context of the before and after monitoring studies undertaken in conjunction with the implementation of HOV lanes on Highways 403 and 404. Consequently, this model form was not pursued. The data that was collected, in the form of HOV and SOV volumes and travel times on those sections of highway where HOV lanes were implemented, suggested an incremental model. Such a model would also preserve information on the "natural" HOV demand. To best utilize the data collected for the Highway 403 and 404 projects, it was decided to pursue a model of the general form:

$$P_{HOV,after} = P_{HOV,before} + k * f\,(tt_{HOV,after} - tt_{HOV,before},\ tt_{SOV,after} - tt_{HOV,before})$$

where: ***P*** = *proportion*
tt = *travel time*
k = *coefficient*

Calibration of an incremental model of this form requires only knowledge of the changes in flow and travel time resulting from HOV lane implementation, changes which were observable from the data in hand. A further advantage of the incremental model was the fact that assumptions would not have to be made concerning variables such as carpool formation time, assuming that these would not change significantly over the planning horizon of the study. One key decision made early in the process was that HOV's would not be differentiated on the basis of the number of occupants due to the typically low proportion of HOV's with three or more persons.

3.3.2 Model specification

One disadvantage encountered with respect to the incremental model is the impracticality of direct calibration. A trial-and-error approach was adopted instead. Before and after SOV and HOV trip matrices were estimated for the relevant sections of Highways 403 and 404. A record consisting of the before/after SOV and HOV flows and travel times was generated for each origin-destination pair in the subarea trip matrices. A spreadsheet was set up to estimate the "after" HOV proportion from the "before" proportion based on changes in travel times. This calculated proportion was compared to the observed proportion and squared difference and simple difference error terms were calculated and summed.

Several different model forms were tested, including the incremental logit model (the logical starting point), linear functions, and power functions. Based on this analysis, it was concluded that a power function of the form:

$$P_{HOV,after} = P_{HOV,before} + 0.06 * ((tt_{HOV,after} - tt_{HOV,before}) - (tt_{SOV,after} - tt_{HOV,before}))^{0.5}$$

where: ***P*** = *proportion*
tt = *travel time*

led to the smallest combination of summed error terms, appeared to best fit the data qualitatively, had an intuitively reasonable form, and was mathematically tractable in terms of application. In particular, the HOV proportion increases quickly over small initial reductions in HOV travel time relative to SOV travel time, representing the belief that HOV lanes have a certain "novelty" factor and small travel time savings are often over-estimated by drivers. As travel time savings increase, the change in HOV proportion increases at a progressively lower rate, representing the belief that an upper limit exists where other factors play a role in limiting HOV use. Figure 6 depicts the comparison between the observed and estimated HOV proportions for the calibration sample with the chosen functional form. Once the "after" HOV proportion is estimated, the revised SOV volume is calculated using a reduction of 2.1 SOV's for each new HOV created. The function

selected for use essentially represents pseudo-equilibrium between the flows induced by the implementation of HOV lanes and the travel times that are associated with this flow pattern.

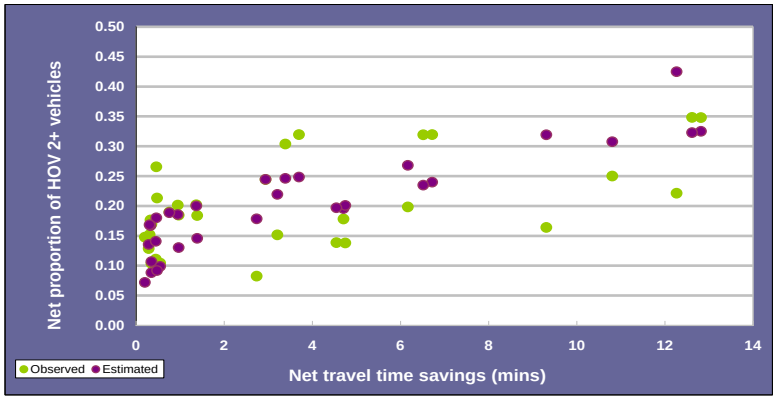


Figure 6: *Comparison of observed and estimated HOV proportions*

3.3.3 Application Framework

The overall framework developed to incorporate the HOV estimation model and to achieve several other key objectives is depicted in Figure 7 and described below, emphasizing the enhancements made to the process. This framework was designed to integrate the macroscopic EMME model with the microscopic VISSIM and PARAMICS models in such a way to achieve the benefits of each. In particular, the volume-delay functions within EMME and the assignment procedure they are used within is limited in terms of its ability to reliably estimate travel times, particularly under conditions of congestion and queue spill-back. Since the estimation of the travel-time differential between HOV's and SOV's is critical to the estimation of the change in HOV proportion induced through HOV lanes, and these differentials can be quite small, micro-simulation, using the VISSIM or PARAMICS models, is applied at the corridor level to refine the travel-time estimates.

- Baseline 2006 GTA-level HOV and SOV origin-destination matrices were adapted from those used in the previous study of the western portion of the GTA.
- A series of iterations were run, alternating between application of the HOV estimation model (operationalized as an EMME macro) and a multiclass equilibrium assignment to the overall GTA network of both vehicle classes. An oscillation "damping" modification was required to keep the process within reasonable bounds. It was found that eight cycles, on average, were sufficient to reach equilibrium. In addition to estimating the conversion of SOV's within a corridor to HOV's, this step in the process also estimates the diversion of both HOV's and SOV's to the corridor from other routes. Since the EMME model includes only peak-hour trips, time-shifting of trips into the peak hour to make use of freed-up capacity is not accounted for. However, this is indirectly offset by additional route diversion within the overall equilibrium objective. To ensure that the benefits associated with HOV lane use were represented properly, the EMME network was recoded to incorporate the express/collector systems in place on the highway system. In addition, the HOV lanes were coded with appropriate access zones as specified in the MTO's design guidelines. Proper location of both the transfers between the express and collector lanes and the HOV lane limits and access zones is essential to reliable estimation of the number of HOV's that can actually make use of the HOV lanes and the distance over which they can use them.
- Subarea trip matrices or "traversal" matrices were then generated based on equilibrium conditions for each highway corridor. The baseline subarea matrices were adjusted based on recent traffic counts (existing conditions) or factors developed from these counts (future conditions) in a purpose-built spreadsheet to account for under or over-simulation. This step was considered necessary to ensure that the subarea matrices reflected realistic traffic levels for use in the following micro-simulation stage.
- The adjusted subarea matrices were then supplied to a calibrated micro-simulation model for the corridor. Travel times in the HOV and general purpose lanes were obtained from the micro-simulation runs and these were used in a further application of the HOV estimation model in a spreadsheet format. The resulting adjusted matrices were re-run in the micro-simulation model. This process was repeated until equilibrium was achieved between the travel-time differential (between HOV and general-purpose lanes) and the proportion of

HOV's as implied by the estimation function. As before, a damping process was incorporated although, being a manual rather than automated process, judgement was used to speed up convergence where possible. Since this step is undertaken at the subarea level, no further diversion from outside the corridor is possible. However, since this is largely a refinement stage

- Outputs were summarized from the micro-simulation runs in the form of flow diagrams and travel-time estimates and, where desired, speed contour plots and other measures of effectiveness.

The process described above is quite demanding as automation possibilities have not yet been fully investigated for the various manual procedures and interfaces. A current MTO initiative, incorporating a mesoscopic layer within a comparable framework, would have been an ideal mechanism for the estimation of induced HOV demand. The emerging mesoscopic simulation models have sufficient detail and the appropriate methodologies to produce reliable travel-time estimates but at the same time be efficient enough to model at the network level rather than the corridor level. However, this initiative is only now gaining momentum and will be reported on at a later date.

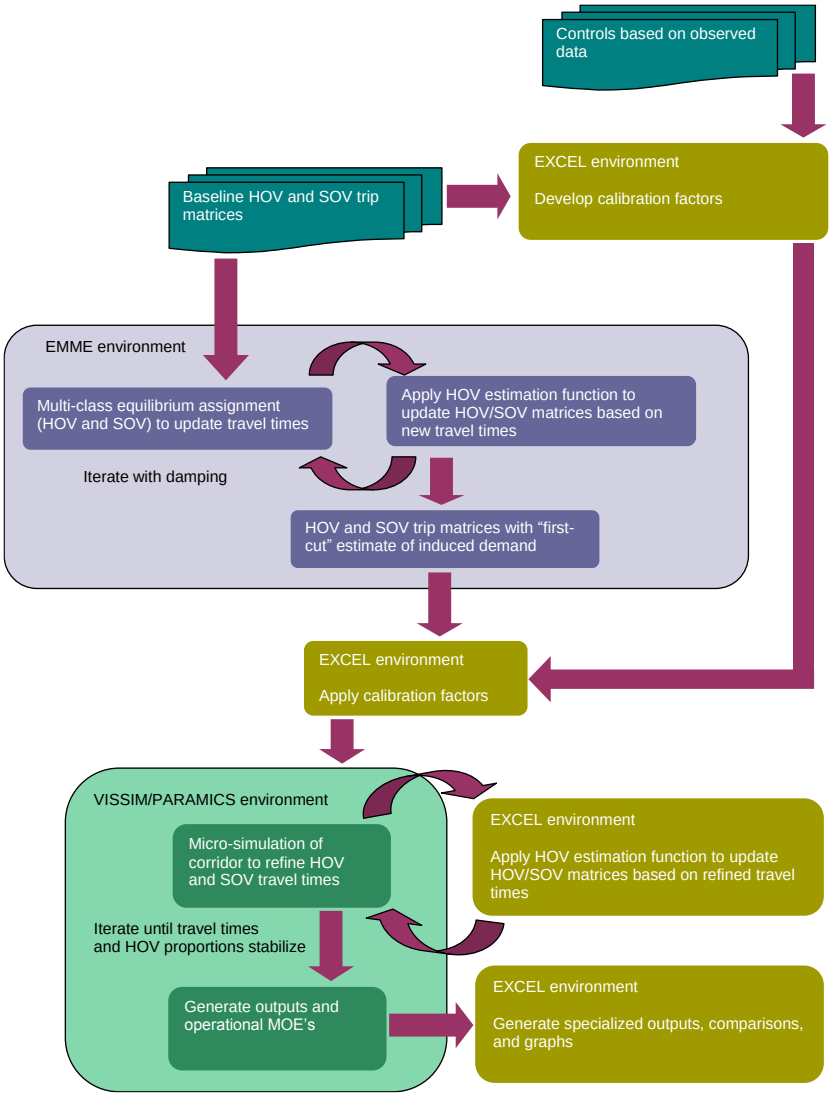


Figure 7: *Flow diagram showing the key steps in the estimation of induced HOV demand*

3.3.4 Typical outputs from the framework

The use of micro-simulation as the final stage in the modeling framework means that a variety of powerful and detailed outputs are available for analysis. These include the following:

- Speed contour plots (see Figure 8a), showing the evolution of congestion over time and space. Specific operational issues can be identified, including the impact of the HOV lane access zones on the GP lanes.
- Volume summaries (see Figure 8b), showing not only the volumes in the HOV and GP lanes, but also the HOV volumes entering and leaving the HOV lanes at each access zone.
- Summaries of travel times, delays, throughputs, queuing, and other variables can also be produced.

Figure 8: *Typical outputs from the HOV estimation process*

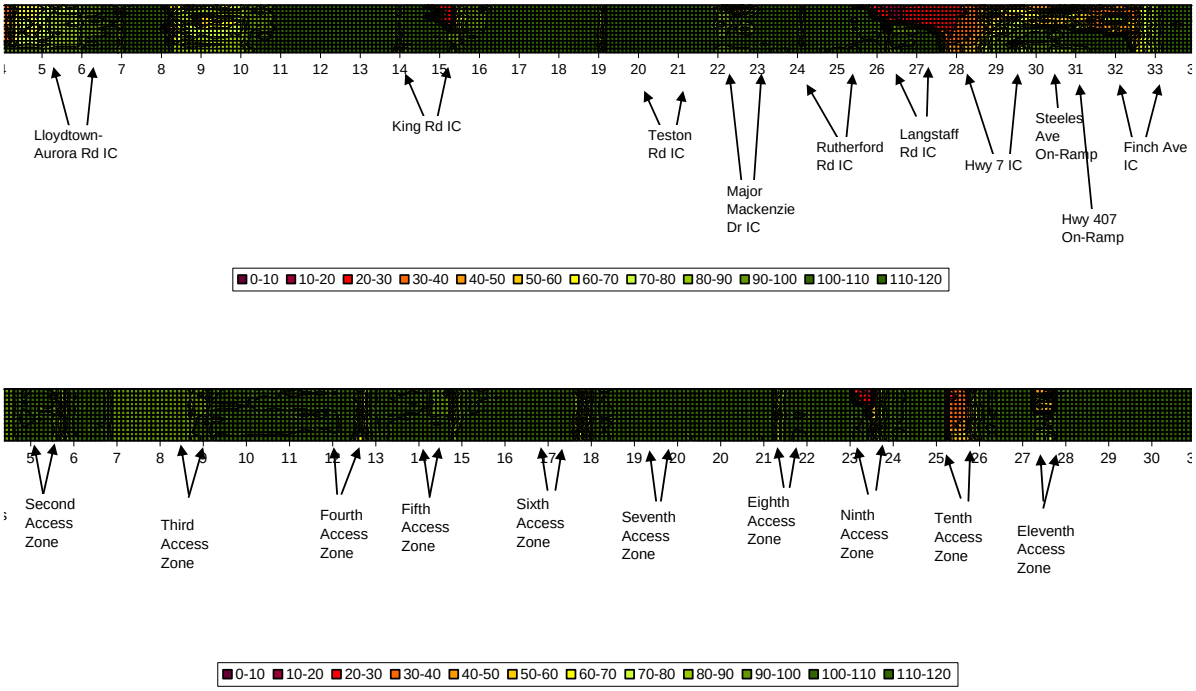


Figure 8a: *A typical speed contour plot – GP lane (top) and HOV lane (bottom)*

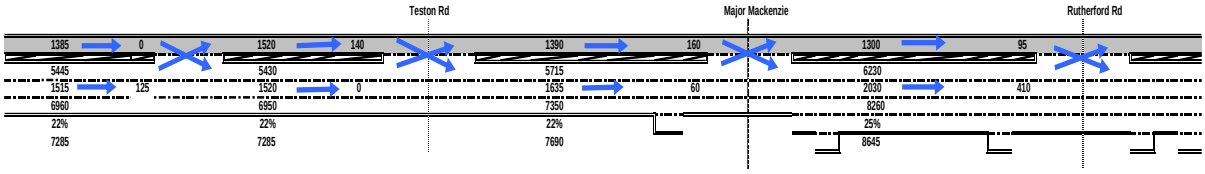


Figure 8b: *A typical volume summary plot*

4. FRAMEWORK APPLICATION TO THE GTA HIGHWAY SYSTEM

4.1 Overview

As mentioned previously, the framework described above was intended to be applied to the expressway system in the eastern part of the GTA with the objective of determining the likely success of potential HOV lane projects, establishing implementation priorities, and identifying interdependencies. With the pace of the ongoing planning and design program for highway improvements, the focus of the study was shifted slightly to establish justification for designation of planned new lanes as HOV lanes. Nonetheless, the study looked at the various potential HOV lanes in a systemic manner.

Six network scenarios were established to cover a range of possible implementation strategies. These are summarized in Table 1. All of these scenarios were taken through the first (EMME) phase of the framework. Since it was observed that there were not significant differences between the scenarios in terms of estimated HOV use in individual corridors, only two scenarios were carried forward for selective testing through the micro-simulation component of the framework. The first was Scenario 1, which represented an essentially complete ultimate HOV network and which would demonstrate the effects of the associated synergies. The second was Scenario 3, which represented a more sparse network and which would more closely represent the impact of individual projects in isolation and which would be closer to the opening-day situation for individual projects in the early stages of network implementation. Figures 9 and 10 depict Scenarios 1 and 3 respectively.

Table 1: *Network Scenarios*

SCENARIO		**SECTIONS OF HIGHWAY INCLUDED**					
		HWY 401	**HWY 427**	**HWY 400**	**HWY 404**	**HWY 409**	**HWY 407**
1	Complete Mainline	Hwy 427 to Hwys 35/115	Hwy 401 to Hwy 7	Hwy 401 to Barrie	Eglinton to Hwy 9	Hwy 401 to Hwy 427	Brock Rd to Hwys 35/115
2	Core Network	Hwy 427 to Rouge R.	Hwy 401 to Hwy 7	Hwy 401 to Hwy 9	Hwy 401 to Maj.Mackenzie	Hwy 401 to Hwy 427	*not included*
3	Radial Corridors	Rouge R. to Hwys 35/115	Hwy 401 to Hwy 7	Hwy 401 to Barrie	Hwy 401 to Hwy 9	*not included*	*not included*
4	Widening Opportunities	Lake Ridge to Hwys 35/115	Hwy 401 to Hwy 7	Maj. Mackenzie to Barrie	Eglinton to Hwy 9	*not included*	Brock Rd to Hwys 35/115
5	Hwy 401 Spine	Hwy 427 to Hwys 35/115	*not included*	*not included*	Hwy 401 to Hwy 7	*not included*	*not included*
6	Hwy 401 Spine + Feeders	Hwy 427 to Hwys 35/115	Hwy 401 to Hwy 7	Hwy 401 to Maj. Mackenzie	Eglinton to Hwy 7	*not included*	*not included*

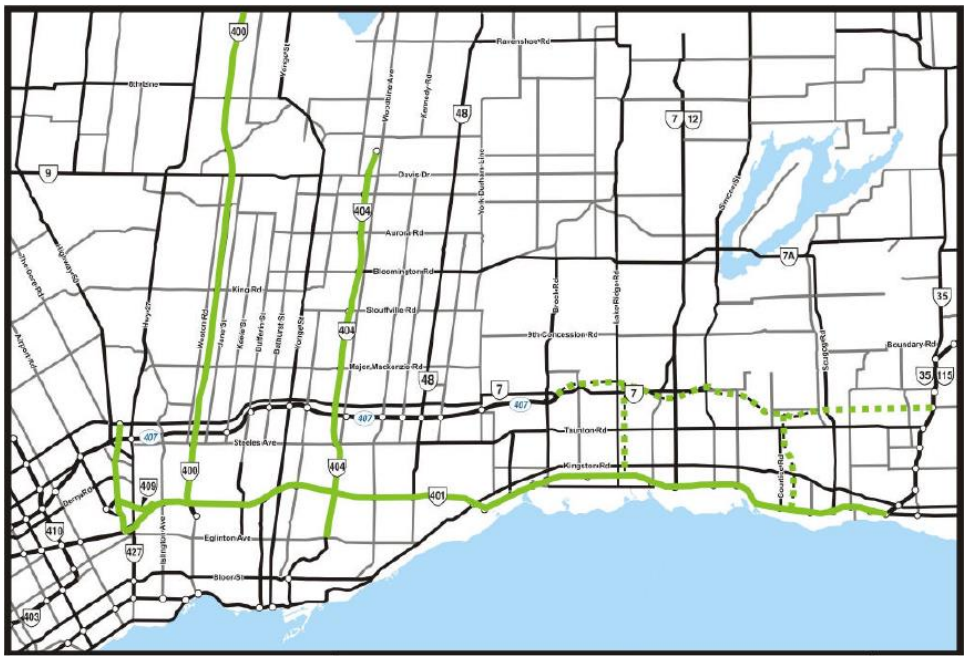


Figure 9: *Network Scenario 1 – Complete Mainline*



Figure 10: *Network Scenario 3 – Radial Corridors*

During the course of the study, planning and design of several highway projects has progressed to the point where decisions are required on the designation of proposed new lanes as HOV or GP lanes. These included, in order of consideration, Highway 427 between Highway 401 and Highway 7, Highway 400 between Highway 401 and the City of Barrie, and Highway 404 between Highway 7 and Highway 9 (actually Green Lane). Sample results are provided below for several corridors.

4.1.1 Highway 427 (Highway 401 to Highway 7)

A variety of HOV lane configurations were studied in conjunction with a proposed widening of this section of Highway 427, including alternative endpoint locations and treatments for the HOV lanes, and HOV lanes designed with discrete access zones vs. those with continuous access. Some of the observations for peak-hour, peak-direction travel, generalized across the scenarios studied, were as follows:

- HOV proportions increase from 12-14% today to 25-35%;
- HOV lane volumes range from 400 to over 900 vehicles/hour, in most cases and at most locations exceeding the 500 vehicles/hour guideline for minimum utilization;
- Travel time savings of at least 9 minutes were estimated for HOV's, exceeding the 5 minute guideline for minimum savings.
- HOV lanes with discrete access zones were found to be operationally superior to those where continuous access was provided.

4.1.2 Highway 400 (Highway 401 to the City of Barrie)

To this point, analysis has focused on the widening of Highway 400 in many areas to accommodate HOV lanes, although there are some sections where lane conversion would be required. Some of the estimates for peak-hour, peak-direction travel, generalized across the 2011 and 2021 planning horizons, are as follows:

- HOV proportions increase from 8-12% today to 20-28%;
- HOV lane volumes range from 600 vehicles/hour to over 1,700 vehicles/hour, in all cases and at all locations exceeding the 500 vehicles/hour guideline for minimum utilization;
- Travel time savings of anywhere from 5 to 25 minutes were estimated for HOV's, exceeding the 5 minute guideline for minimum savings.

5. CONCLUSIONS

An innovative, integrated modeling framework was developed to estimate HOV demand for potential new HOV lanes on expressways in eastern portion of the Greater Toronto Area. This framework incorporates macroscopic (EMME) and microscopic (VISSIM and PARAMICS) components. While a large-scale study like this would normally rely primarily on EMME to provide modeling inputs, the estimation of HOV demand resulting from the implementation of HOV lanes depends heavily on reliable travel time estimates. Since the travel time estimates available from EMME are not sufficiently reliable, micro-simulation was incorporated to enhance these estimates.

An HOV estimation model was developed using before and after monitoring data from two recently-implemented HOV lanes on Highways 403 and 404 in the Greater Toronto Area. This is an incremental model relating travel time changes to changes in HOV proportions. This model is applied at both the macroscopic and microscopic levels to estimate the equilibrium balance between relative travel times and HOV proportions.

The modeling framework was applied to the expressway network in the eastern half of the GTA to determine whether or not proposed new lanes should be added as HOV lanes or general-purpose lanes.

Reference

[1] Mitchell, T.M. 1997. *Machine Learning*. McGraw Hill. 1997.

BAZE PODATAKA U PROCESIMA UPRAVLJANJA PUTNOM MREŽOM SRBIJE

Prof. dr Đorđe Uzelac, dipl.inž.građ.[1]
Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, email: uzelacdjordje@gmail.com

Rezime: *Procesi upravljanja putevima zahtevaju dobru informacionu osnovu, pa formiranje i permanentno usavršavanje informacionog sistema, uz održavanje ažurnosti podataka, takođe čini nerazdvojni deo procesa upravljanja. U radu se daje kratak prikaz i analiza aktuelne informatičke podrške koja se u JP ''Putevi Srbije'' koristi u pojedinim aktivnostima sistema upravljanja putnom mrežom. Posle toga se ukazuje na moguće korake u daljem razvoju metodoloških i informatičkih rešenja.*

Ključne reči: *Upravljanje putevima, Informacioni sistem o putevima, procesi upravljanja putevima, podaci o putevima, baze podataka o putevima*

Summary: *Processes within the road management system requires good information base, including establishment and continuous improvement of information system, while maintaining the efficiency of data also makes it an inseparable part of the management process. This paper provides a brief overview and analysis of current IT support, which in PE " Roads of Serbia" is used in some activities of the management road network. After that, report indicates suggestions for possible steps in the further development of methodologies and information system solutions.*

Keywords: *road management, information system of roads, road management processes, data on roads, road database*

1. UVOD

Osnovni zadatak upravljanja objektima koji čine sisteme kao što je putna mreža, na prvi pogled je prost i dugo se nije menjao: utvrditi najbolji odgovor na pitanja GDE, KADA i ŠTA raditi? Odgovor nije ni približno tako jednostavan. Danas raspolažemo neuporedivo bogatijim resursima za rešavanje ovih pitanja nego u bliskoj prošlosti, posebno u mogućnosti primene savremene informacione tehnologije, pa su istraživanja u oblasti upravljanja objektima veoma aktuelna i često donose nova unapređenja. Kao logičan uslov za optimalna rešenja, nameće se primena i neprestana nadgradnja metodoloških osnova i informatičkih resursa za podršku upravljanju održavanjem i razvojem realnih sistema i objekata koji ga čine.

1.1. Putna mreža Srbije

Prema podacima izloženim na sajtu ''JP Putevi Srbije'' (podaci uglavnom iz 2010 godine), putnu mrežu Republike Srbije, u dužini od 40.845 km čine:

- 5.525 km državnih puteva prvog reda
- 11.540 km državnih puteva drugog reda i
- 23.780 km lokalnih puteva

Iste godine, putna mreža sadrži: 498 km autoputeva pod naplatom putarine i 136 km poluautoputeva pod naplatom putarine

Na nivou cele putne mreže 2/5 deonica imaju tucaničke i zemljane kolovoze. U Republici Srbiji je 32 % puteva prvog i drugog reda staro preko 20 godina, a svega oko 14 % do 10 godina.

Usled dugogodišnjeg nedovoljnog ulaganja u održavanje i rekonstrukciju puteva, trenutno stanje putne mreže nije zadovoljavajuće. Pored lošeg stanja kolovoza, pratećih sadržaja putnog profila i objekata, poseban problem predstavlja veliki broj klizišta i drugih pojava vezanih za nestabilne terene, koje ugrožavaju i sam put i bezbednost saobraćaja.

Na putevima Republike Srbije, bez teritorije Kosova, ima 2.638 mostova ukupne površine oko 800.000. m^2, od tog broja: 215 mostova je na autoputevima, 996 mostova je na državnim putevima prvog reda i 1427 mostova na državnim putevima drugog reda. Neamortizovana vrednost svih mostova procenjuje se na jednu milijardu USA $. Mostovi su različite starosti, najrazličitijih oblika i načina gradnje, od drveta, kamena, betona, prednapregnutog betona, čelika, i različitih statičkih sistema, raspona i dužina od 5 do 2212 metara, koliko je dugačak most preko Dunava kod Beške. Republika Srbija ima 12 velikih mostova i to 7 mostova preko reke Dunav i 5 mostova preko reke Save. Usled dugogodišnjeg nedovoljnog ulaganja u održavanje i rekonstrukciju mostova, trenutno stanje mostova nije zadovoljavajuće.

[1] Autor zadužen za korespodenciju: uzelacdjordje@gmail.com

Na putevima u Srbiji izgrađeno je 78 tunela, ukupne dužine 10.053 metara. Od tog broja, 1 tunel je na autoputu, 71 tunel je na državnim putevima prvog reda i 6 tunela je na državnim putevima drugog reda.

1.2. Baze podataka o putnoj mreži u JP Putevi Srbije

Aktivnosti na formiranju informacionog sistema o putnoj mreži Srbije započete su u Direkciji za puteve početkom devedesetih godina, na inicijativu Svetske banke (u ugovoru o "Trećem sektorskom zajmu" definisana je obaveza formiranja baza podataka o putnoj mreži). U periodu 1990-1993, definisan je referentni sistem putne mreže Srbije i razvijene su prototipske baze podataka o putevima (BPP), mostovima (BPM) i saobraćaju (BPS). Započeto je prikupljanje i unošenje podataka. Pri tome je najbolje funkcionisao sistem brojanja saobraćaja, zahvaljujući pre svega, organizovanom pristupu i opremi za brojanje saobraćaja, što je omogućavalo formiranje redovnih godišnjih izveštaja o saobraćajnom opterećenju na putnoj mreži Srbije. Baza podataka o mostovima je popunjena podacima o više od 3000 mostovskih konstrukcija, uz velike napore pojedinih entuzijasta, praćenih hroničnim nedostatkom sredstava i institucionalne podrške. Ni do danas nije obezbeđeno redovno praćenje stanja mostova. Slična situacija je kod baze podataka o putevima, gde je prva faza prikupljanja inventarskih podataka i podataka o stanju deonica, trajala skoro deset godina. Posle toga, ažuriranje podataka o stanju putnih deonica rađeno je ''ad hoc'', uglavnom prema zahtevima pojedinih projekata. Nažalost, često nije poštovan referentni sistem, pa su se novi podaci teško povezivali sa postojećim, što stvara konfuziju koju je teško razrešiti.

Posle približno deset godina rada, konstatovano je da su zahtevi u velikoj meri porasli, da je informacioni sistem od velikog značaja za upravljanje putnom mrežom, objektima i saobraćajem i posebno kod izrada programa, studija i dokumentacije neophodne za komunikacije sa Vladom i institucijama kao što je Svetska banka.

Pored toga, ogroman napredak koji se odvijao u oblasti informacione tehnologije tokom poslednje dve decenije, omogućuje suštinski daleko bolja rešenja, pa je doneta odluka de se izvrši reinženjering informacionog sistema, sa uvođenjem savremenih rešenja koja će pre svega biti zasnovana na efikasnom ispunjenju zahteva korisnika i zadataka vezanih za upravljanje putnom mrežom.

Od 2000. godine počinje reinženjering informacionog sistema koji je do danas dao značajne rezultate, prikazane u sledećem poglavlju.

2. BAZE PODATAKA O PUTEVIMA SRBIJE – AKTUELNO STANJE

2.1. Opšte

Počevši od dvehiljadite godine, urađeni su novi projekti reinženjeringa postojećih baza podataka - Baze podataka o putevima (BPP) i mostovima (BPM), uz obezbeđenje prenosa postojećih podataka. Razvijeni su i sasvim novi projekti: Baza podataka o nestabilnim terenima (BPK) i baza podataka o tunelima (BPT). Sva projektna dokumentacija sadrži analizu poslovnih procesa urađenu pomoću CASE alata po metodologiji IDEF0 (slika 1) i model podataka urađen po metodologiji IDEF1X (slika 2). Tako oformljena projektna dokumentacija predstavlja trajni dokument i osnovu za buduće izmene, dopune ili reinženjering sistema.

Korišćena su metodološka rešenja za definisanje i prikupljanje neophodnih podataka, koje je uradio Institut za puteve iz Beograda, uz pojedine dopune Instituta IMS (Beograd), Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada i Pro Inženjeringa iz Beograda (uključen u razvoj i realizaciju metodologije za procenu nosivosti mostova. Svu projektnu dokumentaciju informacionog sistema i softver izradio je tim Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada.

Softverska rešenja su izrađena sa formiranjem posebnih DB servera i aplikacija za klijente (za svaku bazu podataka su rešenja nezavisna). Serveri i klijentske aplikacije svih navedenih baza podataka formirani su tako, da korisnik koji upozna jednu bazu podataka, može da radi i sa ostalim. Ekranski obrasci (a i sami modeli) formirani su sa istim dizajnom i opštim pravilima koja važe u sistemu MS Windows i u softveru MS Access. Arhitektura postojeći rešenja omogućuje prelaz na SQL server i integraciju svih baza podataka u jedinstven sistem.

Osnovni principi primenjeni kod formiranja baza podataka bili su da podaci o svakoj vrsti objekta budu formirani u sledećim obliku:

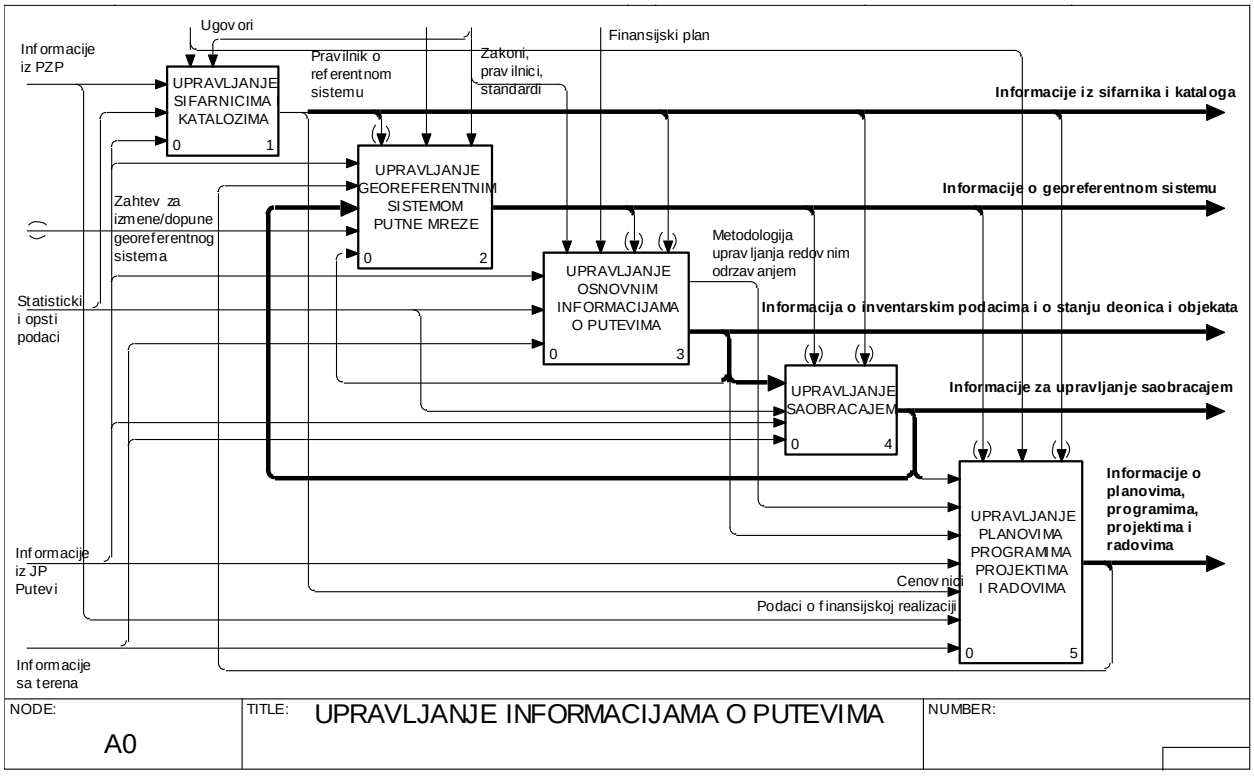
- Inventarski podaci (opis lokacije, konstrukcije, istorijata, skice, slike, položaj na Google mapi)
- Podaci o stanju objekta (po pojedinim elementima objekta, oštećenja, procena potrebnih radova)
- Metodološki podaci, pre svega: katalog elemenata objekta, katalog mogućih oštećenja i opisi mogućih radova; elementi za optimizaciju planova i sl.
- Zapisnici o pregledima objekta
- Opšti referentni podaci (šifarnici)
- Standardni izveštaji (u Word, Excel ili PDF formatu)

Vrste objekata su (u informatičkom smislu): putne deonice, mostovi, klizišta i tuneli.

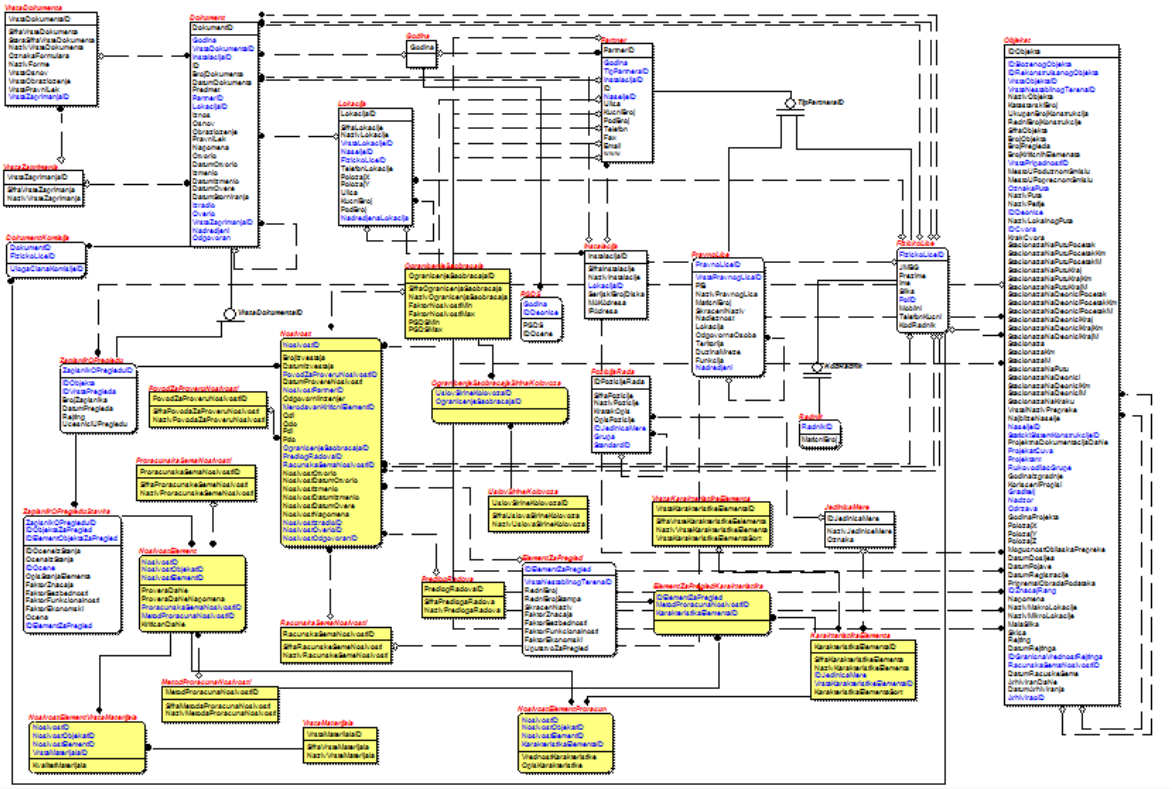
Primeri standardizovanih ekranskih obrazaca i izveštaja su na slikama 3,4, i 5.

Ukratko, korisniku je na pristupačan način omogućeno (najmanje):

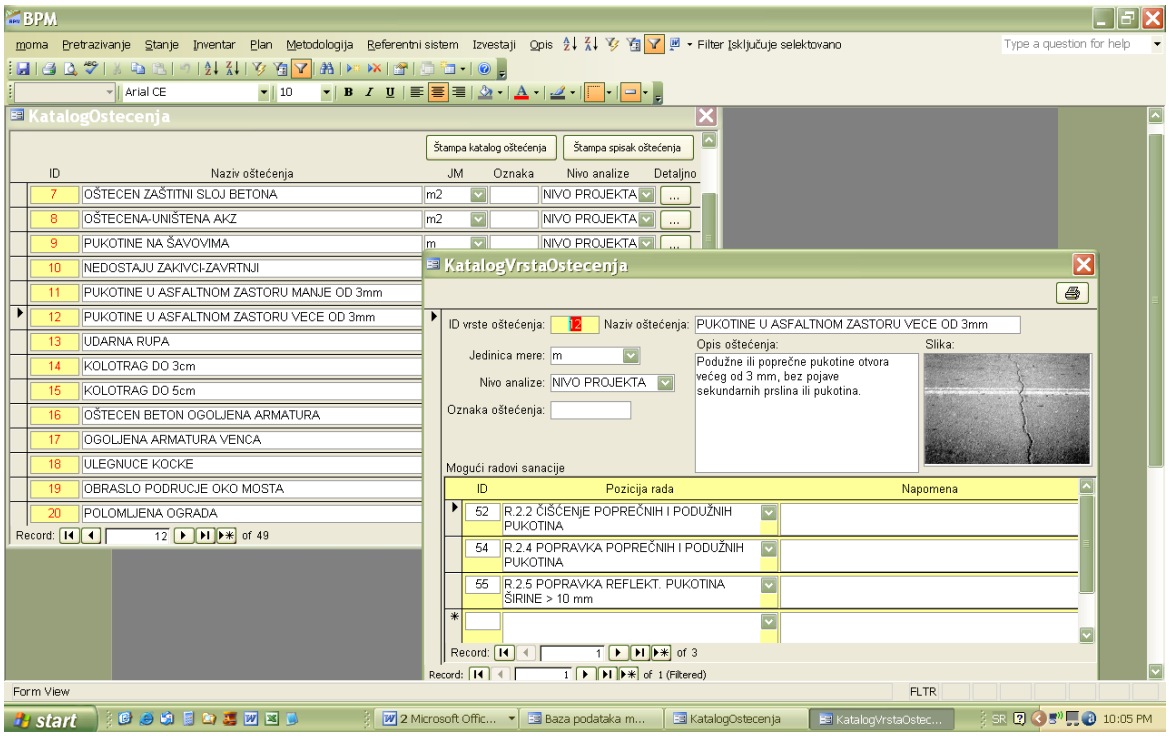
- definisanje i održavanje referentnog sistema putne mreže Srbije (deonice, čvorovi, putni pravci, kategorizacija)
- unos referentnih podataka: podaci o standardnim elementima, materijali, vozila, jedinice mere itd.,)
- uputstva za ocene elemenata i procenu oštećenja (katalozi elemenata i oštećenja)
- unos inventarskih podataka, grafičkih priloga (crteži,fotografije)
- unos podataka o pregledima deonica (stanje deonica)
- unos podataka o izvršenim radovima
- evidentiranje aktivnosti interventnog održavanja
- generisanje izveštaja sa inventarskim podacima o deonicama
- generisanje izveštaja o stanju deonice
- generisanje izveštaja o potrebnim radovima na deonici
- definisanje cenovnika radova
- generisanje izveštaja o potrebnom obimu radova redovnog održavanja po pojedinim deonicama
- ostale standardne aplikacije po zahtevu korisnika



Slika 1. *Kontekstni dijagram (po metodologiji IDEF0): glavni procesi i tokovi informacija na najvišem nivou modela upravljanja putnom mrežom (procesi su u pravougaonim okvirima*)
Figure 1. *Context diagram (IDEF0): Main processes and informations flows at top level of ''Rad management'' model (processes in rectangular boxes)*

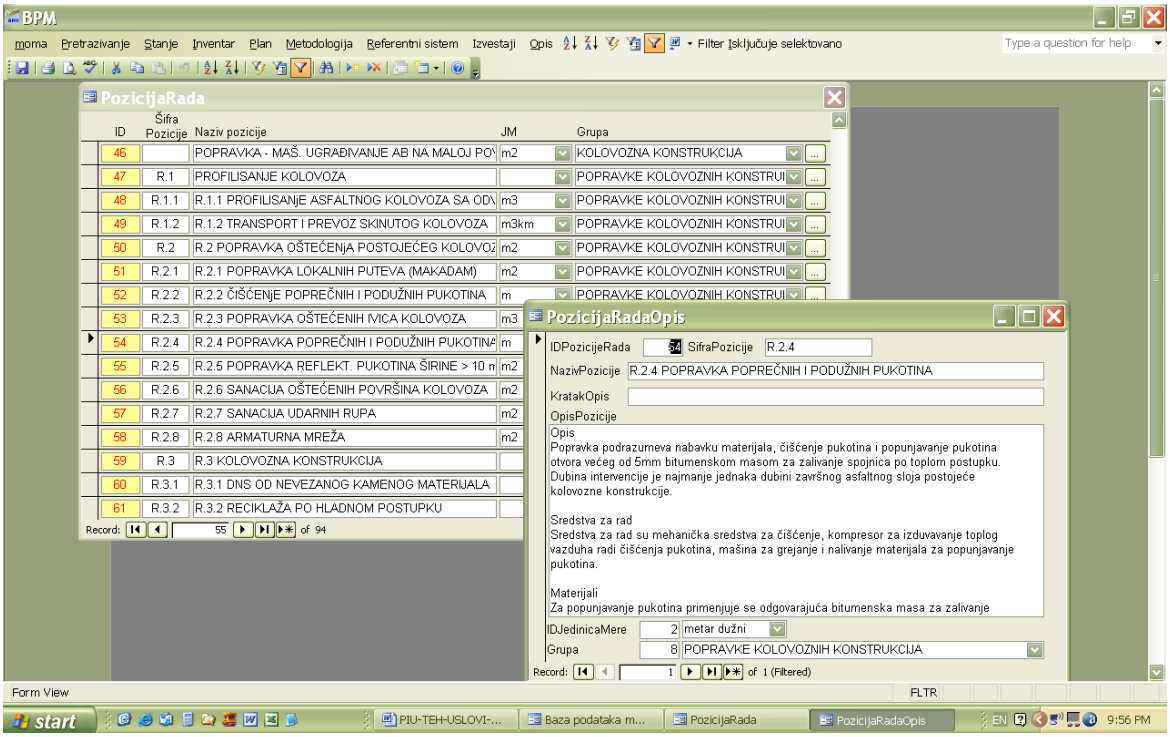


Slika 2. *Pogled na deo modela podataka ''Provera nosivosti mosta'' (metodologija IDEF1X)*
Figure 2. *View on the data submodel ''Assesment of bridge bearing capacity'' (methodology IDEF1X)*

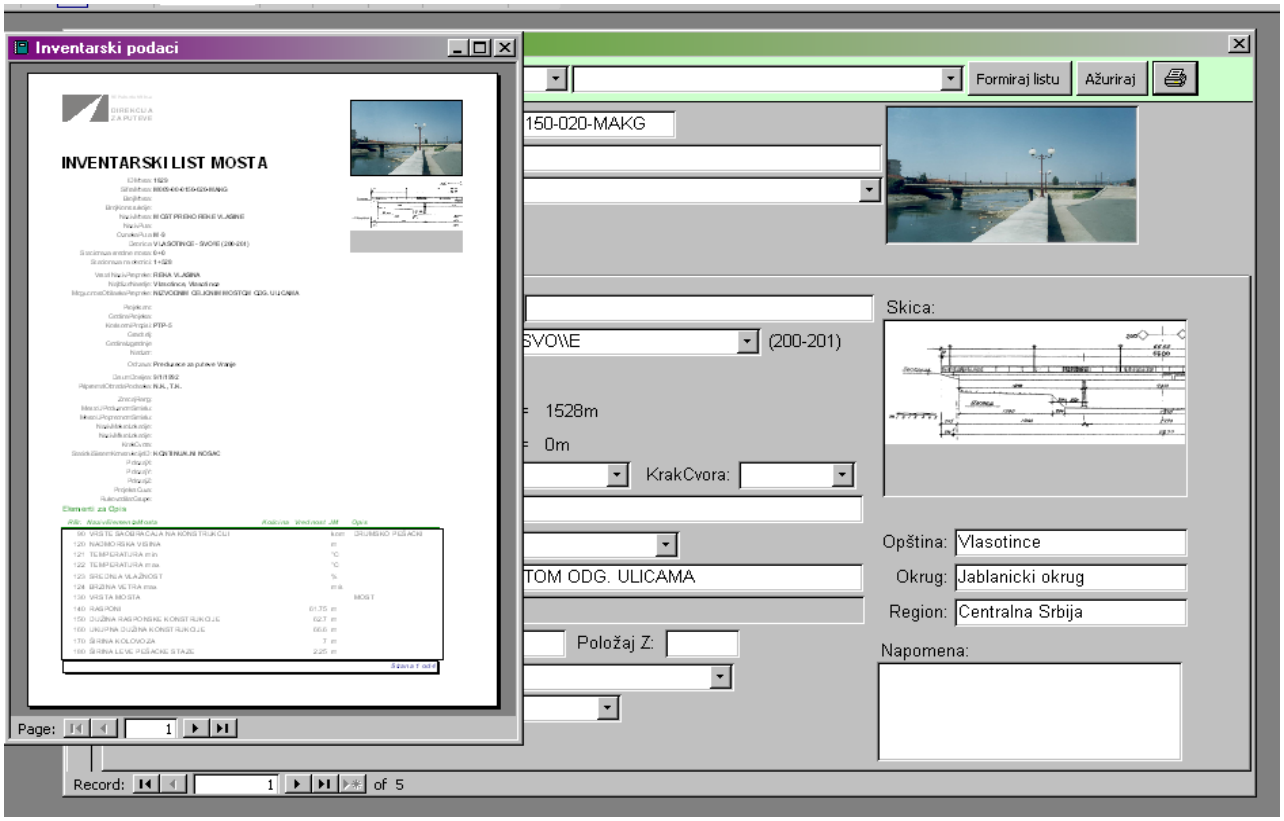


Slika 3. *Primer ekranskog obrasca za rad sa katalogom oštećenja – pored opisa oštećenja, ostvaruje se i veza sa mogućim pozicijama radova koji se biraju iz "kataloga radova"*

Figure 3. *Example of screen with forms for catalog of damages definitions – beside the damage description, there is also relation with disponible work items chosen from ''catalog of works''*



Slika 4. *Spisak pozicija radova sa otvorenim "prozorom" za detaljan opis pozicije rada*
Figure 4. *List with work items and window with connected detailed description of work item*



Slika 5. *Primer izveštaja iz baze podataka o mostovima – Inventarski list*

Figure 5. *Example of report from Bridge Data Base – Inventory data*

2.2. Baza podataka o putevima

Baza podataka o putevima je na žalost, aktivna samo u starom sistemu – sa rešenjima iz devedestih godina, zato što prema novom projektu iz 2002 godine: "Model procesa i podataka baze podataka o putevima (BPP)", Faulteta tehničkih nauka, još nisu urađena softverska rešenja. U međuvremenu se rad sa podacima o putnoj mreži prikupljenim prilikom različitih akcija, koriste drugi komercijalni programi, zavisno od izvršioca pregleda putnih deonica.

Postojeće rešenje baze podataka o putevima (BPP), koje je izrađeno početkom devedesetih godina, (Institut IMS), omogućilo je stvaranje solidne informatičke osnove za putnu mrežu Srbije. Do 2000. godine, na bazi precizno uspostavljenog referentnog sistema, uneseni su podaci o približno 16000 km magistralnih i regionalnih puteva. Sam informacioni sistem ima sve odlike vremena u kome je nastao - DOS okruženje (RDBMS INFORMIX, verzija 1988.), koje zahteva od korisnika poznavanje SQL jezika i uopšte, viši nivo informatičkog obrazovanja.

Kao što je pomenuto, kasnije akcije snimanja stanja putnih deonica često nisu vezivane za referentni sistem i postojeću bazu, korišćeni su i različiti komercijalni softveri, pa je uneto dosta konfuzije i stvorene su teškoće u tumačenju podataka.

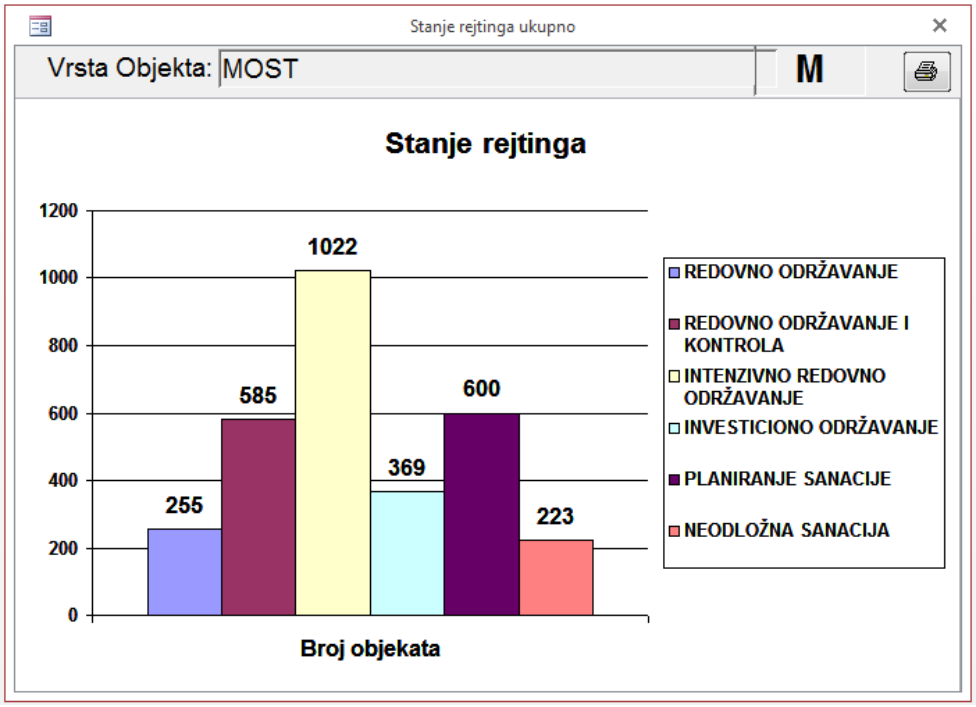
Razvoj novog softvera baze podataka o putevima je zadatak visokog prioriteta, jer je to uslov za integraciju svih baza podataka u jedinstven informacioni sistem.

2.3. Baza podataka o mostovima (BPM)

Za bazu podataka o mostovima postoji kompletna projektna dokumentacija, po kojoj su softverski formirani server i klijentske aplikacije. Tokom 2013. godine metodološki je rešen modul procene nosivosti mostova (slika 2), razvijen je softver i urađena je verifikacija na deset mostova.

U bazi postoje podaci o 3277 mostovskih konstrukcija, od čega su 2533 prosta mosta i 220 složenih mostova sa 524 konstrukcije.

Baza podataka je instalirana na server JPPS i priključeno je 8 klijenata na različitim lokacijama, sa odgovarajućim aplikacijama i ovlašćenjima.



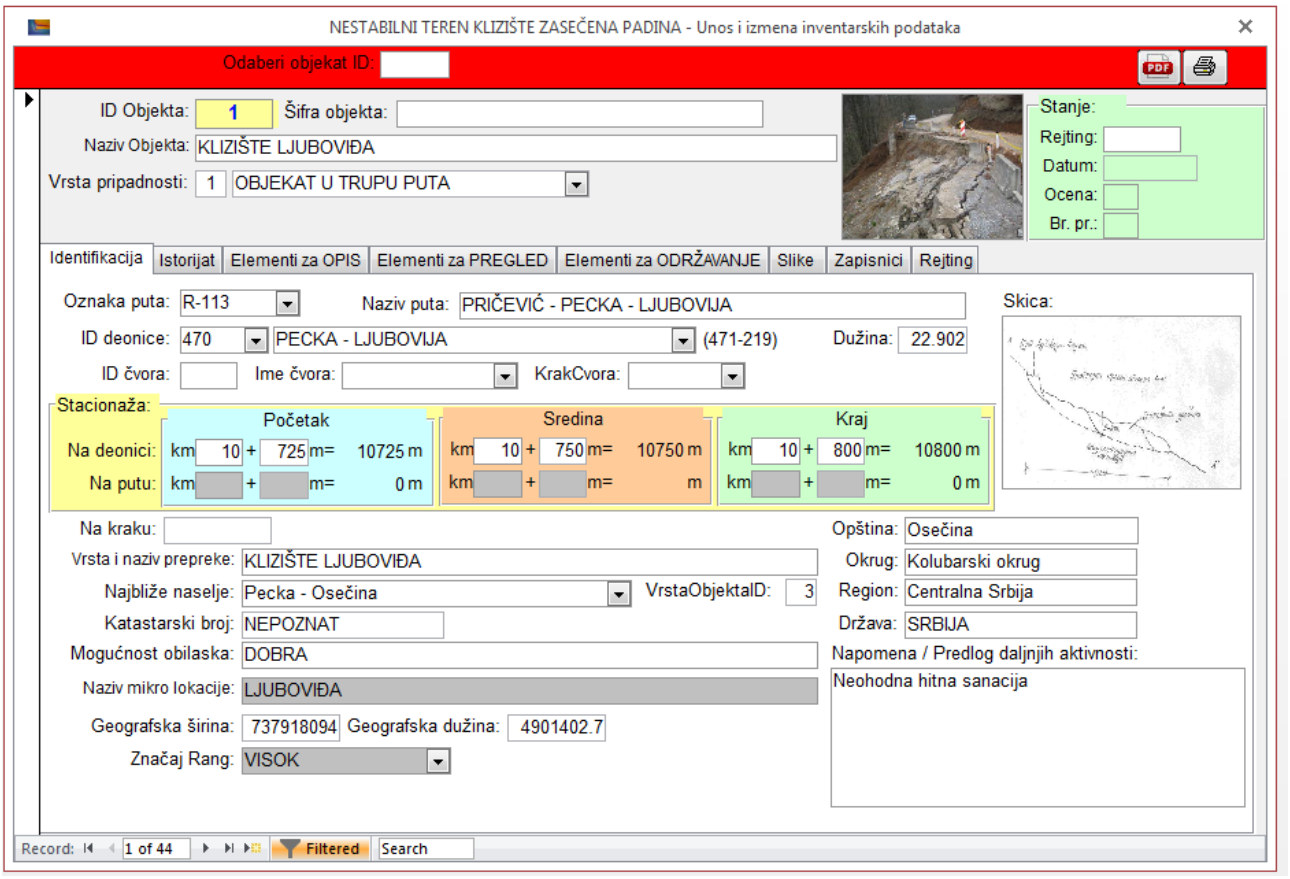
Slika 6. *Primer izveštaja iz baze podataka o mostovima – Rejting za sve mostove*

Figure 6. *Example of report from Bridge Data Base-Rating for all Bridges*

2.4. Baza podataka o nestabilnim terenima (BPK)

Baza podataka o nestabilnim terenima razvijena je prema projektnoj dokumentaciji koju je između 2000 i 2004 godine uradio FTN, Novi Sad, na osnovu metodologije razvijene u Institutu za puteve. Tokom 2013 godine, metodološki su usavršena rešenja za procenu hazarda I rizika klizišta i formirana su odgovarajuća softverska rešenja, čime je ova baza podataka dobila kompletnu formu. Uneti su inventarski podaci o 46 pojava nestabilnih terena, od kojih 42 imaju i podatke o stanju. Time je urađena verifikacija i metodologije i softvera.

Baza podataka je instalirana na server JPPS i priključeno je 4 klijenata na različitim lokacijama, sa odgovarajućim aplikacijama i ovlašćenjima.



Slika 7. *Ekranski obrazac sa inventarskim podacima o klizištu*

Figure 7. *Screen form with inventory data on land slide*

2.5. Baza podataka o tunelima (BPT)

Baza podataka o tunelima razvijena je prema projektnoj dokumentaciji koju je između 2000 I 2004 godine uradio FTN, Novi Sad, na osnovu metodologije razvijene u Institutu za puteve. Softver je doterivan u više faza, da bi konačnu formu dobio 2013 godine, kada su uneti inventarski podaci za 86 tunela i podaci o stanju za 4 tunela (4 zapisnika o pregledima), čime je obavljena verifikacija metodologije i softvera.

Baza podataka je instalirana na server JPPS i priključen je 1 klijent, sa odgovarajućim aplikacijama i ovlašćenjima.

3. ZAKLJUČAK / PREDLOZI

Pored obezbeđenja organizacionih, finansijskih i tehničkih resursa, ključni koraci u razvoju i uspostavljanju sistema su sledeći:

Utvrđivanje metodologije

Uspostavljanje nedostajućih definicija i pravila vezanih za aktuelnu populaciju objekata i njihovo kontinualno usavršavanje:

- Formiranje kataloga:
  - elementi za opis objekata, za redovno održavanje i za redovne preglede
  - katalog oštećenja: moguća oštećenja za svaki prethodno definisan ‘’element za pregled’’ sa svim neophodnim opisima i uputstvima (vrsta oštećenja, mesto pojave, uzrok, intenzitet..)
  - katalog radova (tehnički opisi radova)
- Uputstvo za pregled objekata:
  - Periodičnost,
  - Nivo detaljnosti (vrste pregleda),
  - Lista elemenata koji se pregledaju,
  - Instrukcije o mogućim oštećenjima po pojedinim elementima,
  - Kako meriti i opisati uočeno oštećenje
  - Koje radove primeniti za registrovano oštećenje sa kvantifikacijom
  - Kako vrednovati element, odnosno stanje objekta
  - Forma izveštaja
  - Uspostavljanje i primena modela odlučivanja – usvajanje metoda i procesa za donošenje odluka
- Uspostavljanje metodologije za prognozu razvoja oštećenja
- Usvajanje modela predviđanja performansi objekta
- Definisanje upozoravajućih i graničnih vrednosti indikatora stanja za različite vrste intervencija (na primer: preventivne mere - redovno održavanje, popravke oštećenja, pojačanje, rekonstrukcija, zamena elemenata)....

Organizaciona rešenja:

Organizaciona rešenja u upravljanju informacionim sistemom zahtevaju, pre svega, definisanje administratora sistema (server, mreža, klijenti) kao i definisanje odgovornih kadrova u stručnim odeljenjima JPPS za rad sa IS.

Organizaciona rešenja u operativnim jedinicama JPPS – potrebno je definisati:

- ko upravlja referentnim sistemom
- ko propisuje pravila o prikupljanju podataka (u skladu sa Zakonom i realnim potrebama), predlaže planove i organizuje preglede objekata,
- ko prikuplja podatke (putne deonice, saobraćaj, mostovi, tuneli, klizišta),
- ko kontroliše i unosi podatke u bazu (sa ovlašćenjima za unos, izmene i brisanje),
- ko daje ovlašćenja za različite nivoe korišćenja baze podataka.

Informatička rešenja:

- Integracija sistema – formiranje jedinstvenog servera za BPP, BPM, BPS, BPT i BPK na bazi jedinstvenog referentnog sistema
- Održavanje i dalje unapređenje servera baze podataka.
- Razvoj potrebnih aplikacija (i adaptacija postojećih) za klijente pojedinih baza podataka sa odgovarajućim ovlašćenjima
- Dalji razvoj iInternet aplikacije.

Izvodi iz Zakona o javnim putevima:

Član 11.

Upravljač javnog puta dužan je da označava i vodi evidencije o javnim putevima i o saobraćajno-tehničkim i drugim podacima za te puteve.

Član 58.

Radovi na redovnom održavanju javnog puta jesu naročito:

1) pregled, utvrđivanje i ocena stanja puta i putnog objekta;

Posebno treba imati u vidu:

''Pravilnik o načinu označavanja državnih puteva, sadržini evidencije, načinu vođenja evidencije, načinu prikupljanja, odnosno obnavljanja podataka, kao i uslovima korišćenja podataka iz evidencije o državnim putevima'' (Objavljen u "Sl. glasniku RS", br. 50 od 18. maja 2012).

Ovim pravilnikom propisuje se način označavanja državnih puteva, sadržina evidencije, način vođenja evidencije, način prikupljanja, odnosno obnavljanja podataka, kao i uslovi korišćenja podataka iz evidencije o državnim putevima.

Literatura

[1] OECD *''Performance Indicators for the Road Sector''*. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris France. Road Transport and Intermodal Linkages Research Programme. 1997.. Code: 771997041P1,

[2] Wright-Patterson Air Force Base, Materials Laboratory, Ohio 45433 *"ICAM Architecture - Function Modeling Manual (IDEF0)''*, Part II-Volume IV, AFWAL-TR-81-4023, Ohio, 1981.

[3] Federal Information Processing Standards Publication 184: *''Announcing the Standard for Integration Definition for Information Modeling (IDEF1X)''* 1993.

[4] PIARC "*International Road Maintenance Handbook*", PIARC, Paris, 1994.

[5] Uzelac Đ. *''Razvoj optimalnog sistema za formiranje baze podataka o mreži puteva''*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet u Beogradu, 1993.

[6] Uzelac Đ. *''Baze podataka o putevima, mostovima i saobraćaju u okviru integrisanog informacionog sistema o putnoj mreži''*, Građevinski kalendar 1999, SGIT, Beograd, novembar 1998.

[7] Uzelac Đ. *Razvoj i primena informacionih i ekspertnih sistema za upravljanje eksploatacijom posebnih grupa objekata.* IV Naučno-stručno savetovanje ''Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja'', Savez građevinskih inženjera i tehničara Srbije i Crne Gore, Zlatibor, 25. – 28. april 2005. Uvodni referat, str. 1-12

[8] Uzelac Đ., Veljović A., Eremija Z. i saradnici. *Projektna dokumentacija informacionog sistema o putevima Direkcije za puteve Srbije: Baza podataka o putevima, mostovima, saobraćaju, tunelima i kliziштima* (1991 – 2013.)

[9] Uzelac Đ, Matić B. *Primena relacionog modela kod povezivanja elemenata građevinskih objekata, kataloga oštećenja i specifikacija radova. Savetovanje, Divčibare 2009.*

[10] *Zakon o javnim putevima Srbije sa primenom od 01.Januara 2006.*

[11] *Pravilnik o načinu označavanja državnih puteva, sadržini evidencije, načinu vođenja evidencije, načinu prikupljanja, odnosno obnavljanja podataka, kao i uslovima korišćenja podataka iz evidencije o državnim putevima (Objavljen u "Sl. glasniku RS", br. 50 od 18. maja 2012)*

PLANIRANJE ODRŽAVANJA PUTNIH MOSTOVA

Mašović Snežana, Hajdin Rade[1]
[1]*Građevinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Smasovic@grf.bg.ac.rs, rade.hajdin@grf.bg.ac.rs*

Rezime: *Mostovi su vitalni deo putne mreže i zahtevaju kapitalne investicije za izgradnju i održavanje. Cilj upravljanja mostovima je održavanje mostova u prihtaljivom stanju za predviđenu namenu pri minimalnim troškovima. Svi savremeni sistemi upravljanja mostovima, koji se mogu razlikovati u detaljima, sadrže model predviđanja propadanja i model za utvrđivanje optimalne politike održavanja. Za razvoj sistema upravljanja mostova od nesumljivog je značaja dobro utemeljena i održavana baza podataka o mostovima, koja predstavlja osnov za formiranje modela propadanja. U radu je prikazan model propadanja mostovskih elemenata zasnovan na Markovljevim lancima koji je zatim primenjen na mrežu mostova u Srbiji. U tu svrhu su korišćeni podatci iz baze podataka o mostovima koja je u nadležnosti JP putevi Srbije. Za utvrđivanje optimalne politike održavanja konsekventno se primenjuje Markovljev process odlučivanja. Ilustrativni primer prikazan u radu, a zasnovan na stvarnim podacima iz baze podataka o mostovima,ukazuje na potrebu za većim finansiskim sredstvima za održavanje mostova, naročito u početnom periodu, imajući u vidu trenutno stanje mostova u Srbiji.*

Ključne reči:*Baza podataka o mostovima, Sistem upravljanja mostovima, održavanje, optimalna politika.*

1. UVOD

Funkcionalna putna infrastruktura je od vitalnog značaja za prosperitet države. Iako se teži da sistemi za upravljanje obuhvate sveukupnu infrastrukturu, zasada su, u svetskim razmerama, najrazvijeniji sistemi upravljanja putnom infrastrukturom i posebno mostovima kao njenom vitalnom komponentom..
Propadanje mostova je posledica postepenih fizičko-hemijskih prozesa čija brzina zavisi od

- kvaliteta korišćenih materijala,
- konstruktovnih detalja i kvalitata izvođenja,
- izloženosti štetnim uticajima kao što su so, promene temperature, vlaga i sl.
- eksplotacionih uslova.

Usled propadanja, nosivost i upotrebljivost mostovskih konstrukcija može biti ugrožena i, posledično, očekivani životni vek se skraćuje.
Pri donošenju odluka o strategiji i merama održavanja vlasnici ili upravljači putne infrastrukture sve više koriste sisteme upravljanja mostovima (Bridge Management Systems – BMS). U pravilu ovi sistemi omogućuju

- sistemstsko skupljanje i pohranu inventarskih podataka, zapisa o stanjima i podataka o izvršenim merama održavanja i na bazi njih
- procenu budući razvoj stanja elemenata mostovske konstrukcije
- procenu troškove različitih opcija održavanja
- nalaženje ekonomski najisplativije politike održavanja
- planiranje budžeta za održavanje

Stoga BMS sadrži sa jedne stran bazu podataka o mostovima, i analitičke alatke pomoću kojih se, primenom adekvatnog matematičkog modela, a na osnovu prikupljenih podataka, predviđa propadanje, generiše politika održavanja i određuju odgovarajuće finansijske potrebe.
Uvidom u pregled 18 postojećih sistema, sažetih u on-line izveštaju [1] uočava se da svi analizirani sistemi sadrže bazu podataka sa inventarskim podacima čija kompleksnost, međutim varira. Podaci o drumskim mostovima u Republici Srbiji sakupljeni su u bazi podataka o mostovima (BPM) koja je u nadležnosti JP ''Putevi Srbije''. Ova elektronska baza je formirana 1990 godine sa ciljem ustanovljavanja prioriteta u održavanju mostova. Uspostavljanje prioriteta u održavanju je bilo potrebno da bi se raspoloživa, u pravilu neadekvatna finansijska najbolje iskoristila u uslovima opšte političko-ekonomske situacije u Srbiji u poslednjih 20 godina.
Prateći razvoj računarske tehnike baza je prošla kroz više faza razvoja i od 2003. godine je u upoterbi verzija koja radi pod MS ACCESS-om. Treba istaći da se kao tehničko rešenje koristi originalna, u tom vremenu vrlo moderna metodologija koja je razijena u Institutu za puteve [2]. Osnovni segmenti ove baze su: inventar i podaci o stanju elemenata mosta, dok je tokom 2013. godine pokrenut i segment koji se odnosi na nosivost.
Međutim, baza podataka je samo prvi, ali neophodan, korak u cilju razvoja sveobuhvatnog sistema upravljanja mostovima. Sledeći korak je obrada hronoloških podataka o stanjima elemenata mosta sačuvanih u bazi u cilju predviđanja propadanja elemenata mosta i mosta kao celine. Zatim se na osnovu tako ustanovljenog modela propadanja mosta i procena efikasnosti i troškova tehnički mogućih intervencija

[1]MašovićSnežana: Smasovic@grf.bg.ac.rs, Hajdin Rade: rade.hajdin@grf.bg.ac.rs

određuje optimalna politika održavanja. Očito je, da je za efikasan sistem održavanja mostova,neophodno preduzeti naredne korake:

- razviti model propadanja mostovske konstrukcije
- proceniti efikasnosti mera održavanja
- proceniti troškove mogućih mera održavanja

U radu je načinjen pokušaj, da se na osnovu iskustva iz sveta, odgovori na gore formulisane zahteve. Za predviđanje propadanja mostova primenjen je model Markovljevih lanaca uz korišćenje zapisa pregleda mostova koji se nalaze u bazi podataka o mostovima (BPM). Konsekventno, primenjen je Markovljev proces odlučivanja za procenu potrebnih sredstava za održavanje mostova u Srbiji. Istaknuti su nedostatci dosadašnje prakse prikupljanja podataka o mostovima koji značajno utiču na mogućnost pouzdanog predviđanja efikasnosti i troškova mera održavanja, a samim time i na procenu potrebnih sredstava. Takođe su date preporuke kako da se ove teškoće prevaziđu.

2. MODEL PROPADANJA MOSTOVSKE KONSTRUKCIJE

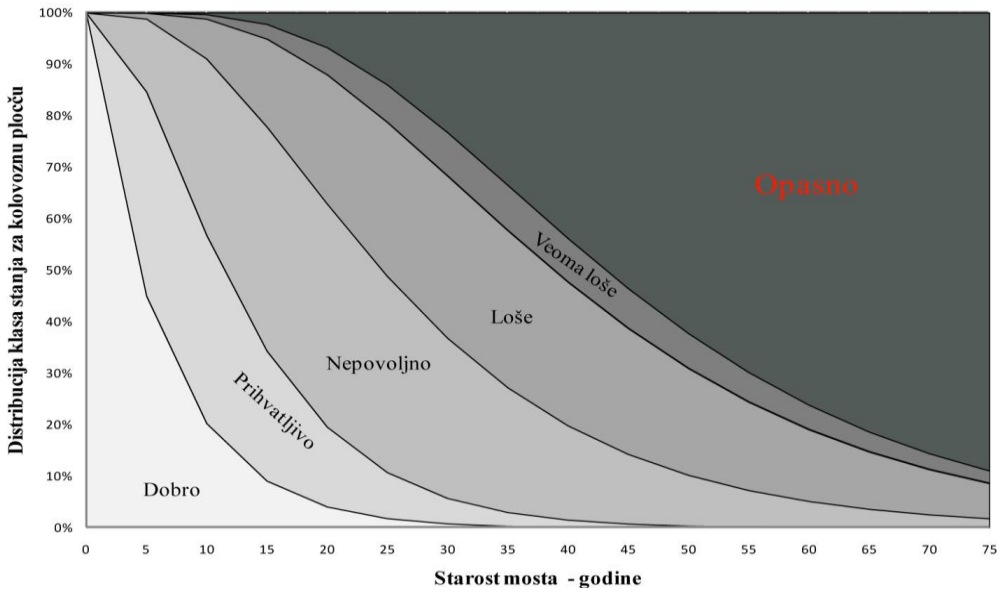
Model kojim se predviđa propadanje mostovske konstrukcije tokom vremena je ključan element efikasnog planiranja održavanja. Pokušaji da se analitički modelira fizičko-hemijski proces propadanja doveli do suviše složenih matematičkih modela onemogućujući njihovu primenuu sistemu upravljanja mostovima.
Metodologije koje su podržane u sistemima za upravljanje mostovima opisuju stanje elemenata mosta ocenama na diskretnoj skali koja, u najvećem broju slučajeva, sadrži pet do sedam ocena. Modeli koji se u praksi se najčešće koriste za predviđanje propadanja se mogu svrstati u dve grupe: determinističke i stohastičke. Obzirom da je buduće stanje mosta uslovljeno različitim faktorima, koji su većoj ili manjoj meri neizvesni, nameće se primena stohastičkih modela, te je to slučaj u većini savremenih sistema upravljanja mostovima. Pri izboru modela propadanja mostova treba imati u vidu faktore jedinstvene za mostove: relativno mali broj dikretnih stanja kojima se opisuje stanje mosta i dugi životni vek. Markovljev lanac sa diskretnim i konačnim brojem stanja se koristi za predviđanje propadanja u većini sistemima za upravljanje mostovima, kao što su PONTIS u SAD [3] ili KUBA u Švajcarskoj [4]. Detaljan opis ovog modela se može naći u literaturi [5] dok je njegova primena u sistemu upravljanja mostovima predmet većeg broja radova kako je navedeno u literaturi [6].
Praktična primena ovog modela iziskuje poznavanje matrice prelaza iz jednog u drugo diskretno stanje. U radu [6] promoviše se algoritam za određivanje pomenute matrice prelaza na osnovu dostupnih istorijskih podataka iz zapisnika sa pregleda mostova. Podaci o sukcesivnim stanjima mostova, koji bi trebalo da se nalaze u bazi podataka o mostovima, su nesumljivo najbolji izvor podataka o promenama stanja mostova na osnovu kojih se može predviđati dalji razvoj stanja. Ukoliko se takvim podacima ne raspolaže (npr. zato što baza ne postoji) uvek je na raspolaganju mogućnost da se članovi matrice prelaza usvoje na osnovu ekspertskih procena. Imajući u vidu mogućnost greške ekspertskih procena može se reći da je povoljna okolnost što u Srbiji postoji baza podataka o mostovima koja pruža uvid u promene stanja elemenata mostova kroz duži vremenski period pod uslovima vrlo slabog održavanja.
Pravilnik o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova [7] ambiciozno propisuje redovne preglede mostova na svake 2 godine što je u potpunoj nesrazmeri sa materijalnim i ljudskim resursima u Srbiji. Naime, uvidom u bazu podataka o mostovima može se konstatovati da je prosečan vremenski interval između dva zapisa stanja čak 12 godina, što nije iznenađenje imajući u vidu sveukupno političko-ekonomsko stanje u Srbiji u proteklih 20 godina. Pregledi su obavljani neredovno, verovatno u skladu sa raspoloživim sredstvima ili u vanrednim slučajevima. Pored toga, iako je bilo predviđeno, u bazu podataka o mostovima nisu zabeležene izvršene intervencije na mostovima kojih je bilo, iako u malo broju .
Navedene činjenice su, naravno, otežale određivanje matrice tranzicije neophodne za primenu Markovljevog modela propadanja. Bilo je neophodno uvesti određene opravdane pretpostavke, koje su opisane u radu [8].
Stanje svakog elementa mosta je prema metodologiji primenjenoj u BPM izvrešeno na bazi vizuelnog pregleda pridruživanjem odgovarajuće ocene. Brojčana vrednost ocene zavisi od značaja ocenjivanog elementa i u Tabeli 1 su prikazane ove ocene za noseće elemente konstrukcije kao i odgovarajuća klasa stanja koja se primenjuje u Markovljevom modelu.

Tabela 1. *Konverzija ocene prema BPM u klase stanja*

Opis stanja	BMP ocena	Klasa stanja
Dobro	1	1
Prihvatljivo	5	2
Nepovoljno	10	3
Loše	15	4
Veoma loše	20	5
Opasno	100	6

2.1. Procena stanja pojedinačnih nosećih elemenata mosta

Nakon određivanja matrica prelaza kako je to opisano u [6] za svaki od nosećih elemenata mosta se mogu prikazati krive propadanja. Na njima se zapravo očitava verovatnoća da se noseći element nađe u nekoj od gore navedenih klasa stanja pri određenoj starosti. Primera radi, na slici 1 su prikazane krive propadanja za kolovoznu ploču mosta [8].



Slika 1. *Krive propadanja kolovozne ploče mosta prema Markovljevom modelu*

Budući da je u osnovi Markovljevog lanca eksponencijalna raspodela, očekivano vreme opstanka u stanju se jednostavno određuje iz verovatnoće prelaza između stanja (člana matrice prelaza).

$$E(\tau_i) = \frac{1}{1 - p_{ii}}$$

gde je: $E(\tau_i)$ očekivano vreme opstanka u stanju *i*; p_{ii} verovatnoća opstanka u stanju *i*. U tabeli 2 su prikazana očekivana vremena boravka u pojedinim stanjima za noseće elemente konstrukcije mosta kao i za dilatacione sprave, određena prema matricama prelaza iz [6].

Iz rezultata prikazanih u Tabeli 2 mogu da formulisati praktične preporuke za planiranja pregleda mostova. Uočava se da očekivano vreme promene stanja za prva tri stanja (izuzev u slučaju dilatacia) nije ispod 5 godina. Međutim ukoliko je stanje elementa okarakterisano kao *Veoma loše* može se očekivati da veoma brzo prelazi u stanje *Opasno*. Podrazumeva se da se element **ne sme** nalaziti u stanju *Opasno*.

Tabela 2. *Očekivano vreme zadržavanja elemenata mostovske konstrukcije u pojedinom stanju*

Element	Dilatacije	Ploča	Glavni nosač	Poprecni nosac	Ležišta	Srednji stub	Oporac	Temelj
Stanje	**Očekivano vreme zadržavanja u stanju - godine**							
Dobro	10	7	25	93	29	55	21	102
Prihvatljivo	4	7	15	17	14	13	32	8
Nepovoljno	14	15	10	9	21	8	13	13
Loše	5	15	4	9	5	2	4	2
Veoma loše	2	4	5	13	7	12	13	2

2.2. Stanje superstrukture/substructure tokom vremena

Promena stanja pojedinačnih elemenata tokom vremena ne daje odgovor na stanje superstructure (gornjeg stroja) mosta odnosno substrukture (donjeg stroja). U tu svrhu je u radu [9] predloženo grupisanje nosećih elemenata mostovske konstrukcie u grupe elemenata: superstruktura = (ploča,glavni nosač,poprečni nosač) i substruktura = (oporac, srednji stub, temelj). Ako se ocena grupe elementa izjednači sa najgorom ocenom pojedinačnog elementa, sumulacijama opisanim u [9] može se odrediti očekivano vreme zadržavanja superstrukture/substrukture u određenom stanju (Tabela 3).

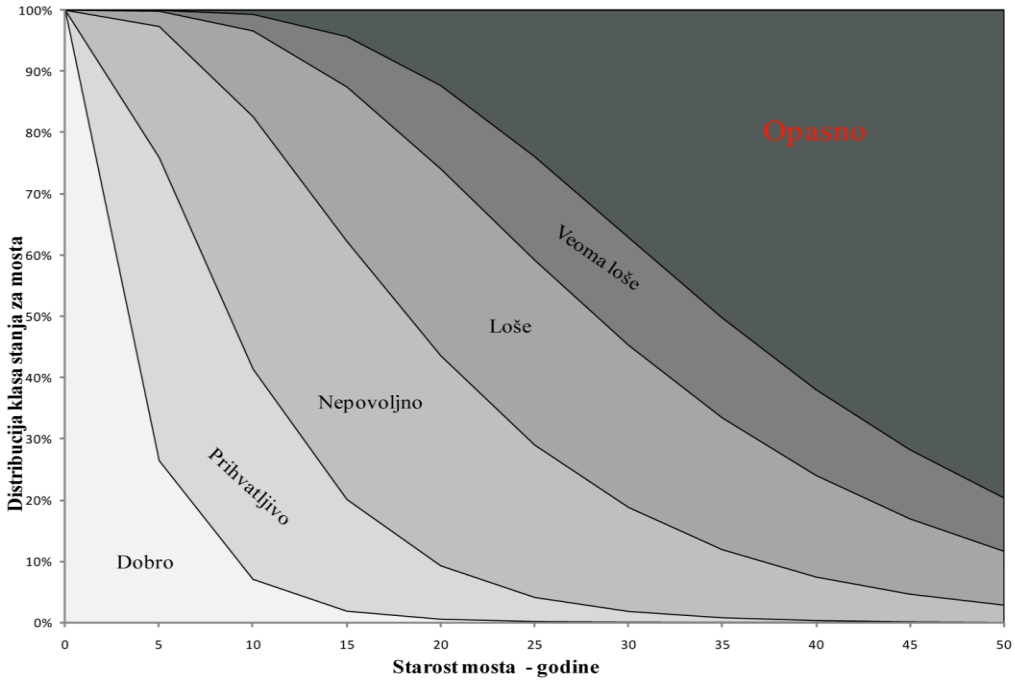
Tabela 3. *Očekivano vreme zadržavanja grupe elemenata mostovske konstrukcije u pojedinom stanju*

Grupa	**Superstruktura**	**Substruktura**
Stanje	**Očekivano vreme zadržavanja u stanju (godine)**	
Dobro	6	14
Prihvatljivo	6	15
Nepovoljno	10	15
Loše	12	4
Veoma loše	7	12

Prikazani rezultati ukazuju da brže propada gornji stroj, što se i da očekivati. Takođe se uočava nesrazmera u očekivanom trajanju početnih stanja, indicirajući da superstruktura propada oko 2 puta brže od substrukture. Taj se trend međutim ne održava u lošijim stanjima. Takođe se može uočiti da je očekivano vreme potrebno da superstruktura stigne od stanja *Dobro* od nedospustivog stanja *Opasno* 41 godina, dok je to za substrukturu 59 godina.

2.3. Sveukupno stanje mosta

U najvećem broju baza podataka o mostovima, pa i u BPM, nalaze se podaci o stanju pojedinačnih elemenata mosta što pruža mogućnost da se odrede matrice prelaza Markovljevog modela propadanja za elemente mostovske konstrukcije. Međutim sa stanovišta upravljanja mostovima od interesa je stanje mosta kao celine, odnosno predviđanje propadanja mosta kao celine.
Prema prema metodologiji razvijenoj u Institutu za puteve republike Srbije [2] sveukupno stanje mosta je određeno njegovim rejtingom. Prema ovoj metodologiji, svakom elementu mosta se pripisuje faktora značaja. Množenjem faktora značaja elementa sa njegovom ocenom (*ne stanjem*), prema tabeli 2, te sumiranjem po svim elementima određuje se veličina koja se naziva rejting i koja određuje mesto posmatranog mosta u listi prioriteta za održavanje. Veća vrednost rejtinga označava da je most ugroženiji i dobija veći prioritet za održavanje. Očito je da numerička vrednost rejtinga zavisi od broja elementa koji se vrednuju, odnosno broja elemenata koje most ima.
Utvrđeno je 6 klasa rejtinga i za svaku od njih se propisuju granične vrednosti zavino od statičkog sistema mosta odnosno broja nosećih elemenata konstrukcije. Redovno ažuriranje liste prioriteta je neophodno ali praktično nemoguće pri neredovnim pregledima. Ovakvo ustanovljeni prioriteti gube značaj pri neredovnom pregledu mostova obzirom da rejtinzi nisu istovremeno ustanovljeni za sve mostove, te ne daju odgovor koji su mostovi danas u kakvom stanju da bi se mogla lista prioriteta ažurirati.
Druga mogućnost je da se izjednačiti stanje celog mosta sa stanjem njegovog najlošijeg nosećeg elementa. To bi odgovaralo takozvanom parcijalnoj karakterističnoj vrednosti rejtinga po osnovu stanja nosećih elemenata konstrukcije. Iako se ovaj kriterijum čini ’blažim’ od kriterijuma po zbiru stanja, ocene, koje propisuje metodologija BPM,nisu ekvidistantne te u najvećem broju slučajeva klasa rejtinga upravo odgovara najgoroj klasi stanja nekog od nosećih elemenata. Drugim rečima propadanje mosta kao celine je moguće simulirati u skladu sa prognoziranim propadanjem pojedinačnih nosećih elemenata shodno raspodelama stanja svakog elementa tokom vremena koje se određuju Markovljevim lancima propadanja svakog pojedinačnog elemeta. Rezultat takvih simulacija je prikazan krivama propadanja prikazanim na slici 2.

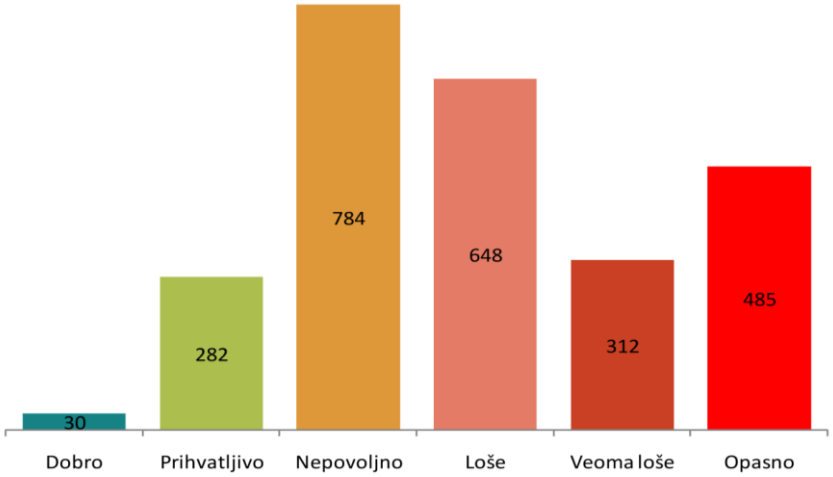


Slika 2. *Krive propadanja mosta prema stanju najgoreg nosećeg elementa*

Očekivano vreme boravka u svakom pojedinom stanju je: *Dobro* – 4 godine, *Prihvatljivo* – 6 godina, *Nepovoljno* – 11 godina, *Loše* -10 godina i *Veoma loše* 7godina. Tako da je očekivano vreme potrebno da most stigne iz stanja *Dobro* do stanja *Opasno* 38 godina.

Valja napomenuti da su prikazane krive proradanja određene simulacijama za statičke sisteme mostova koji sadrže sedam nosećih elemenata (navedenih u tabeli 2 – bez dilatacija), što odgovara grednim kontinualnim nosačima. Ukoliko je broj elemenata koji se koriste pri simulacijama manji (npr. – prosta greda pločastog preseka) krive propadanja imaju manji nagib. Svrsishodno bi bilo odrediti krive propadanja zavisno od statičkog sistema, odnosno broja nosećih elemenata, što je indirektno sadržano u BPM pri određivanju graničnih vrednosti rejtinga.

Na osnovu zapisa sa poslednjeg pregleda mostova i ustanovljenih kriva propadanja elemenata prema slici 3 je prikazana očekivana raspodela stanja mostova u Srbiji za 2014. godinu, pod uslovom da nakon ustanovljenog stanja na pregledima nije bilo nikakvih intervencija koje bi popravile stanje (što je ipak nerealno). Nažalost, kako u BPM nisu upisane intervencije precizniju prognozu nije moguće uraditi. U velikom broju mostova koji će se nalaziti u stanju *Opasno* nalazi se 256 mostova koji su na pregledima (u period 1990-2008. godine) već okarakterisani kao *Opasni*, shodno pretpostavci da se popravke nisu vršile.



Slika 3. *Očekivani broj mostova u pojedinim stanjima u 2014. god. na osnovu poslednjih pregleda, pod uslovom da nisu vršene popravke konstrukcije*

Nameće se pitanje da li je zaista gotovo 500 mostova u stanju *Opasno*, te ih treba zatvoriti. Kako se ipak radi o prognozi baziranoj na prethodnim pregledima, od kojih su mnogi bili pre 20 i više godina, neophodno je

organizovazi preglede za sve mostove kod kojih je bar jedan noseći element registrovan u stanju *Opasno* (256 mostova), kao i za one mostove koji su bili ocenjeni *Veoma loše* pre 7 i više godina (391 most). Ovo stoga što je malo verovatno da je most ostavljen u stanju *Opasno* od npr. 1990. godine.
Kako se iz priloženog može zaključiti ažuriranje baze podataka je od suštinskog značaja za planiranje održavanja.

2. PLANIRANJE INVESTICIONOG ODRŽAVANJA

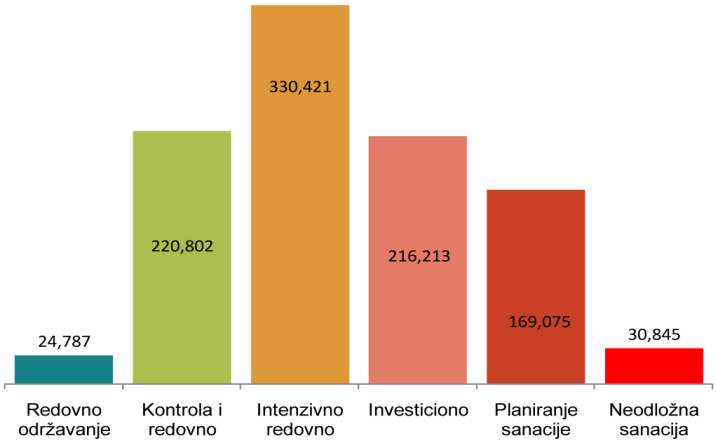
Ukoliko se nikakva intervencija ne preduzima (ne ulaže u održavanje) most propada i menja stanje svake godine sa određenom verovatnoćom (koja je ustanovljena modelom propadanja). Naravno da ovakva strategija održavanja ne proizvodi nikakve direktne troškove. Međutim, kako je to u prethodnom poglavlju pokazano, vođenjem ove ''jeftine'' strategije mostovi dolaze u *Opasno* stanje za manje od 40 godina od izvođenja. Pitanje je koja država može sebi da dopusti da ''zamenjuje'' mostove svakih 40 godina. Shodno tome, nameće se potreba za planiranjem održavanja čime bi se produžio vek mostova uz razumne troškove.
Markovljev proces odlučivanja je matematički okvir za modeliranje odlučivanja u situacijama kad je ishod delom slučajan a delom pod kontrolom upravljača. To je veoma moćan alat u operativnim istraživanjima čija je primena zastupljena u mnogim naučnim oblastima.
U slučaju održavanja mostova proces se može objasniti na sledeći način:

- Kad se most nađe u nekom od gore opisanih stanja upravljač preduzima odveđenu intervenciju (iz skupa mogućih intervencija za to stanje) čime se stanje mosta popravlja (vraća) u neko povoljnije stanje sa određenom verovatnoćom;
- Preduzeta intervencija prouzrokuje troškove;
- Cilj je odrediti koju intervenciju treba preduzeti u kom stanju kako bi se troškovi sveli na minimum.

Za sprovođenje Markovljevog procesa odlučivanja potrebno je poznavati efikasnosti preduzetih intervencija. Efikasnost intervencija je verovatnoća prelaska u neko (bolje ili isto) stanje nakon intervencije. Time je obuhvaćena i mogućnost da preduzeta intervencija nije imala efekta, odnosno da most nakon nje ostano u istom stanju jedino je propadanje nakratko (u jednom koraku – jednoj godini) zaustavljeno.
Za određivanje efikasnosti intervencija mogu se koristiti podaci o stanjima mosta nakon izvršene intervencije, odnosno zapisnici sa pregleda nakon intervencije, ukoliko oni postoje. Međutim, da bi se verovatnoće mogle odrediti statistčkim metodama neophodno ja da postoji veliki broj mostova na kojima je određena intervencija izvršena, što najčešće nije slučaj naročito kad se radi o veoma lošim stanjima konstrukcije mosta. Ažuriranjem baza podataka sa podacima o intervencijama biće moguće efikasnosti preciznije odrediti, za sada se one usvajaju na osnovu ekspertskih procena.
Procena troškova intervencija je od presudnog značaja za optimizaciju baziranu na kriterijumu minimalnih troškova. Treba istaći, da su troškovi složenih intervencija, koje se primenjuju u lošim stanjima konstrukcije, kao što su popravke, sanacije ili obnove (zamene) celog mosta zavise od individualnih osobina mosta, što ih čini izuzetno složenim za procenu.
Za stanje mosta se, naravno, može okarakterisati stanjem najgoreg nosaćeg elemenata, ali treba imati u vidu da troškovi izvođenja pojedinih elemenata nisu ujednačeni, što znači da ni troškovi intervencija na tim elementima nisu isti. U tu svrhu je uspostavljen rejting sistem u metodologiji [2]. Sa stanovišta upravljanja mostovima, opravdano povezati stanje sa troškovima intervencija što se može postići uvođenjem težinskih koeficienata za pojedine grupe elemenata npr. prema predloženom izrazu:

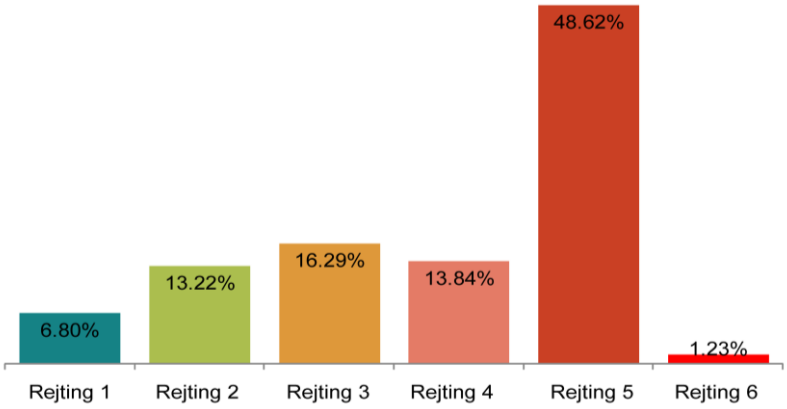
$$R_M = 0.59 \cdot S_{gs} + 0.26 \cdot S_{ds} + 0.15 \cdot S_o$$

gde su R_M= stanje mosta (rejting);S_{gs}= stanje superstrukture; S_{ds}= stanje substrukture; S_o= stanje ležišta i dilatacija. Težinski koeficienti u prikazanom izrazu su izabrani da simuliraju odnose koštanja izvođenja odgovarajućeg dela mosta i preuzeti su iz [10]. Ovako određeno stanje mosta kao celine je slično rejting sistemu koji je ustanovljen u metodologiji [2], gde se za određeni rejting predlažu pojedini tipovi održavanja.
Kako se troškovi izražavaju za m^2 površine mosta, svakom mostu je dodeljena njegova površina, te je izvršena estimacija po površinama mostova u pojedinim stanjima, prema predloženom izrazu. Simulacijama se određuje raspodela površina mostova po rejtinzima u 2014 god. (vidi sliku 4).



Slika 4. *Očekivani površine mostova u 2014. god. za odgovarajući tip održavanja prema metodologiji baze podataka o mostovima (m^2)*

Ako se, grubo, proceni da je za obnovu potrebno oko 1,000 €/ m^2 mosta, minimalne finansijske potrebe za 2014. godinu iznose oko 31 milion eura, ili, svedeno po m^2 svih mostova (prema BMP - 992 214m^2) oko 31€/m^2. Raspodela mostova po rejtinzima (stacionarno stanje Markovljevog lanca), dugoročnom primenom strategije koja primenjuje obnovu kada je most stigao u *Rejting 6* prikazana na slici 5.



Slika 5 *Raspodela mostova po rejtinzima primenom obnove pri rejtingu 6*

Ova krizna strategija je posledica neadekvatnih finansijskih sredstava u prethodnom periodu. Postavlja se pitanje da li je dugoročno ovakva strategija optimalna. Naime, prikazano stacionarno stanje u Markovljevom procesu odlučivanja, pri primeni ove strategije održavanja zahteva oko 12.3€/ m^2 (raspodela po rejtinzima je prikazana slici 5). Kako se uočava dolazi do nagomilavanja broja mostova u *Rejtingu 5*, što je za očekivati, pošto se nikakve mere ne primenjuju izuzev sanacije kada rejting mosta (određeno sa gore prikazanim težinskim koeficientima) pređe 5.5.

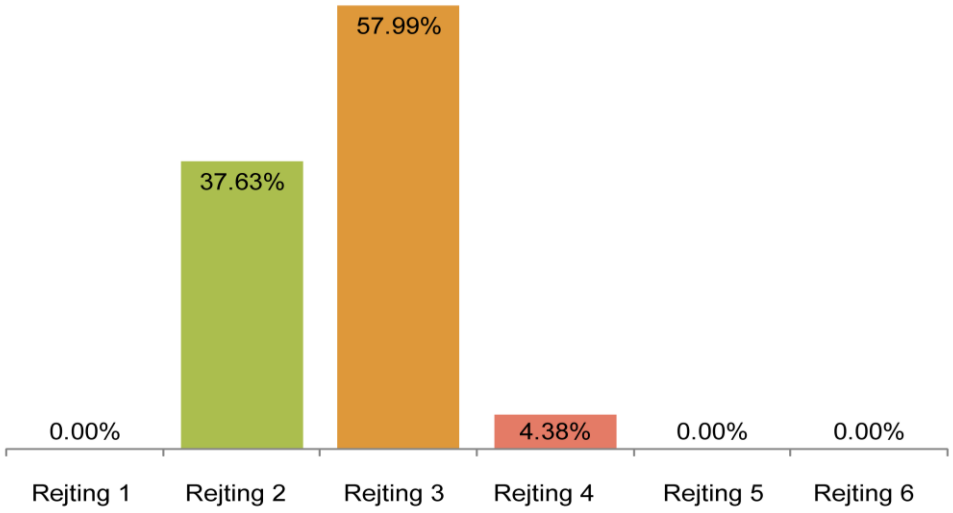
Za očekivati je da će se strategijom koja predviđa intervencije kod nižih rejtinga dugoročne finansijske potrebe smanjiti. Primenom Markovljevog procesa odlučivanja može se odrediti pri kom rejtingu se koja akcija treba preduzeti tako da se troškovi svedu na minimum.

Za demonstraciju Markovljevog procesa odlučivanja usvojene su intervencija sa predpostavljenim efikasnostima i troškovima po m^2 mosta prikazanim u tabeli 4.

Tabela 4. *Pregled intervencija sa odgovarajućim efikasnostima i troškovima zavisno od rejtinga mosta*

Rejting mosta	Intervencija	Efikasnost			Troškovi
		1	2	3	€/ m^2
3	*Popravka*	*0.00*	*1.00*	*0.00*	*150*
	Sanacija	*1.00*	*0.00*	*0.00*	*250*
4	*Popravka*	*0.00*	*0.80*	*0.20*	*250*
	Sanacija	*0.98*	*0.02*	*0.00*	*400*
5	*Sanacija*	*0.00*	*0.85*	*0.15*	*540*
	Obnova	*1.00*	*0.00*	*0.00*	*750*
6	*Sanacija*	*0.00*	*0.98*	*0.02*	*800*
	Obnova	*1.00*	*0.00*	*0.00*	*1000*

Pomoću linearnog programa dolazi se do sledeće optimalne politike održavanja: pri rejtingu 1, 2 i 3 ne raditi ništa; pri rejtingu 4 preduzeti popravke po ceni od 250 €/ m^2 ; pri rejting 5 ne raditi ništa; pri rejtingu 6 obnoviti (zameniti).
Sa ovakvom politikom godišnji troškovi po m^2 mosta iznose 10.96 €, dok je raspodela mostova po rejtinzima prikazana na slici 6.



Slika 6 *Raspodela mostova po rejtinzima u stabilnom stanju primenom optimalne politike*

Uočava se da **nema** mostova u rejtinzima 5 i 6 što je naravno izuzetno povoljno. Rejting 1 je prolazno stanje koje se može postići samo zamenom mosta, te kako nema mostova koje treba obnoviti (u rejtingu 6 - 0.00%), pri konstantnom broju mostova u mreži nijedan most ne može ostati u odličnom stanju.
Interesantan je i očekivani broj godina u pojedinim rejtinzima koji se može odredi iz matrice prelaza za rejtinge. Ova se matrica određuje simulacijama prema matricama propadanja pojedinih elemenata mosta. U tabeli 5 prikazano je očekivano vreme boravka mosta u pojedinom rejtingu.

Tabela 5. *Očekivano vreme zadržavanja mostovske konstrukcije u rejtingu*

Očekivano vreme zadržavanja u rejtingu - godine	Rejting				
	1	2	3	4	5
	5.5	10.7	13.2	11.2	39.5

Naravno da će rejting 1 imati novi mostovi u mreži, ali most to stanje napušta posle određenog vremena usled neminovnog propadanja. Kad novi mostovi dostignu rejting 4 na njima se vrše popravke, pri čemu ih popravke ne vraćaju u rejting 1, shodno usvojenim efikasnostima, koje su rezultirale usvojenoj optimalnoj politici. Očekivana starost pri kojoj se vrše popravke na mostu je 29.5 godina (što naravno važi za nove mostove koji ulaze u mrežu).
Valja istaći da se Markov proces odlučivanja bazira na stacionarnom stanju (prikazanim za dve različite strategije na slikama 5 - minimalna i 6 - optimalna) koje se, međutim razvija nakon njene višegodišnje konsekventne primene. Vreme potrebno da se uspostavi stacionarno stanje zavisi od toga koliko je trenutno stanje (prikazano na slici 4) različito od stacionarnog. Na žalost, stacionarno stanje optimalne politike se

razvija, u posmatranom slučaju stanja mostova u Srbiji nakon više od 100 godina. Kratkoročno, obzirom na stanje mostova u Srbiji, stacionarno stanje prve razmatrane strategije (koja nije optimalna) se javlja relativno brzo (za oko 30 godina). Samim time, primene optimalne politike zahteva velika finansijska sredstva u prvoj godini njene primene, dok se potrebna finansijska sredstva značajno smanjuju već sledeće godine. Ovo ukazuje da je svrishodno odrediti optimalnu kratkoročnu politiku, naprimer do 2020-te godine.
Konkretno, primena optimalne politike u 2014. god. zahteva 85 miliona €. S druge strane minimalna sredstva koja je potrebno uložiti u održavanje zavise od rizika koji se može prihvatiti, što zahteva dodatna istraživanja.
Uz predpostavku da je prihvatljivi rizik 1% površine mostova u rejtingu 6 (trenutno je to nešto malo više od 3%) potrebna sredsta, da se svi ovi mostovi obnove, iznose 20.3 miliona € za 2014 god. iznose ukoliko se svi ovi mostovi obnove. Minimalna potrebna finansijska sredstva, da ne bi došlo do povećanja mostova sa rejtingom 6 (ovaj broj ni sada nije zanemarljiv) je 3.5 miliona €.
Prikazane finansijske potrebe treba uzeti sa rezervom imajući u vidu da su procenjene efikasnosti intervencija i odgovarajući troškovi (tabela 4), ali i da činjenicu da baza nije ažurirana podacima o stanju mostova od 2010. godine.
Određivanje kratkoročne politike u Markovljevom procesu odlučivanja, značajno povećeva broj promenjivih koje treba odrediti. pošto je moguće da se svake godine politika menja u skladu sa dostupnim budžetom ali i procenom rizika. I u ovom slučaju se formuliše linearni program kojim se određuje za svaku narednu godinu, pri kom rejtingu koju intervenciju preduzeti i u kome obimu.
Nesumljivo, da su u početnom periodu primene neke politike održavanja, neophodna značajna sredstva Za sada izgleda racionalno primenjivati sanaciju pri rejtingu 6 uz određivanje prihvatljivog rizika. Genereralno, obzirom da u stacionarnom stanju nema mostova sa rejtingom 5 u nekom periodu se strategija sanacije mostova sa rejtingom 6 treba proširiti na popravke mostova sa rejtingom 4, što predstavlja kombinaciju dve prikazane strategije. Za preciznije određivanje kratkoroče strategije, u uslovima veoma ograničenih finansijskih sredstava, potrebno je definisati prihvatljive rizike.

3. ZAKLJUČAK

Savremeni sistemi upravljanja mostovima primenjuju probabilistički pristup za prognozu propadanjam mostova. Upravljanje mostovima je nezamislivo bez baze podataka o mostovima. Kao model propadanja najčešće se koristi Markovljev lanac, što je usvojeno i u ovom radu, gde su članovi matrica prelaza određeni prema podacima iz Baze podataka o mostovima koja je u nadležnosti JP Putevi Srbije. Ova baza predstavlja vredan izvor podataka, pre svega za prognozu propadanja mostova. Uvidom u podatke konstatovano je da su mostovi neredovno pregledani, što je nedvosmisleno posledica neadekvatnog finansiranja. Period između dva pregleda je znatno duži nego što to propisuje Pravilnik o Tehničkim Normativima za Eksploataciju i Redovno Održavanje Mostova. S druge strane imajući u vidu stepen propadanja mostova u Srbiji, koji je procenjen na osnovu postojećih podataka, predlaže se da se ovaj pravilnik reviduje tako da se period između dva uzastopna redovna pregleda produži na 5 godina ali uz obavezujući karakter. Pokazuje se da je veoma veliki broj mostova (oko 10% ukupnog broja), prema podacima sa njihovih poslednjih pregleda, zatečen u stanju koje je zahtevalo sanaciju (rejting 6) u godini nakon pregleda. Ukoliko je takva intervencija nije preduzeta, što se ne može utvrditi na osnovu podataka iz baze, te je mostove neophodno pregledati ove godine kako bi se ustanovilo njihovo sadašnje stanje i baza adekvatno ažurirala. Takođe je neophodno redovno ažuriranje baze podacima o izvršenim intervencijama, radi procene njihove efikasnosti i troškova. Ovo stoga da se može formulisati Markovljev proces odlučivanja kojim se može odrediti optimalna politika održavanja kako u dugoročnom tako i u kratkoročnom periodu. U radu su takođe demonstrirani rezultati Markovljevogh procesa odlučivanja određeni na osnovu dostupnih podataka i predpostavljenih efikasnosti intervencija i troškova. Potrebna sredstva, prikazana u radu, koja su određena Markovljevim procesom odlučivanja, treba uzeti sa rezervom usled nedostatka preciznijih podataka, kako o intervencijama tako i o skorijim stanjima mostova.

Zahvale
Autori zahvaljuju na podršci JP Putevi Srbije, Direktoru sektora za upravljačko informacione sisteme u saobraćaju Z. Pešoviću, na pružanju uvida u podatke iz postojeće Baze podataka o mostovima koji su bili neophodni za ovaj rad. Posebno želimo da se zahvalimo gospodinu M. Veljoviću I pokojnom gospodinu D. Bebiću na razmeni stručnih i praktičnih iskustava u vezi sa inspekcijama I održavanjem mostova u Srbiji.

Literatura

[1] Adey B. T., Klatter L., Kong J.S. 2010. Overview of Existing Bridge Management Systems (on-line) available at: http://128.180.11.237/IABMAS/bodies/IABMAS-BMC-BMS-Report-20100806%5b1%5d.pdf (30.09.2013)
[2] Bebić D.1999. *Tehničko rešenje baze podataka o mostovimaТехничко решење базе података о мостовима*, Београд, Институт за путеве А. Д. str
[3] Thompson, P. D., Small, E. P., Johnson, M. and Marshal, A. M. 1998. The Pontis Bridge Management System. Structural Engineering International, 8, 303–308.
[4] Hajdin, P.2008: KUBA 4.0 - The Swiss Road Structure Management System. International Bridge and Structure Management: Tenth International Conference on Bridge and Structure Management. 47-62.
[5] Ibe, O.C. 2009. *Markov Processes for Stochastic Modeling*, Burlington: Elsevier p 490
[6] Mašović , S., Hajdin R. 2013. Modelling of bridge elements deterioration for Serbian bridge inventory. Structure and Infrastructure Engineering DOI:10.1080/15732479.2013.774426.
[7] Pravilnik o Tehničkim Normativima za Eksploataciju i Redovno Održavanje Mostova (1992): Službeni list br. 20, 1992
[8] Mašović , S.,Hajdin R. 2012. Procena propadanja kolovozne ploče betonskihj mostova prema bazi podataka o mostovima. Simpozijum društva građevinskih konstruktera Srbije Zbornik radova str 223-229
[9] Mašović S. Hajdin R. 2012: Modeliranje propadanja betonskih grednih mostova u Srbiji .Dvanaesti međunarodni naučni skup „iNDiS 2012 – Planiranje, projektovanje, građenje i obnova graditeljstva“ ISBN 978-86-7892-452-1; 55-62(CD)
[10] Brühwiler E. , Menn C. (2003). Stahlbetonbrüken. Wien New York : Springer-Verlagp 551

Изградња и одржавање путева и објеката

Construction and Maintenance of Roads and Structures

6

PREVENCIJA ZALEĐIVANJA MOSTOVA, UVEK DOSTUPAN PUT

Biljana Vuksanović, dipl.ing.građ.[1]

dr Miloš Zdravković, dipl.ing.el.[2]

Rezime:

Prevencija zaleđivanja mostova predstavlja iskorak u održavanju putne infrastrukture (kako redovne tako i investicione), te podiže efikasnost zimske službe, čime se postižu merljivi i vidljivi rezultati koji kao krajnji ishod daju veću efikasnost i bezbednost saobraćaja (imajući u vidu da se mostovske konstrukcije prve lede), te produžavaju vreme eksploatacije saobraćajnica. Smanjenom upotrebom hemikalija umanjuju se štetne posledice po okolinu, pa možemo govoriti o ekološkom iskoraku.

1. UVODNO OBRAZLOŽENJE PROGRAMA

Putevi kao dobra u opštoj upotrebi su državna svojina.

Na teritoriji Republike Srbije ima 17.000 km državnih puteva prvog i drugog reda, čija se vrednost procenjuje na oko 13 milijardi dolara.

Putna mreža je jedna od najvedih kapitalnih vrednosti u Srbiji, a drumski saobradaj predstavlja osnovni vid prevoza kod nas, tako da se danas putevima preveze oko 90% putnika.

Shodno Zakonu o javnim putevima (Sl. Glasnik RS, broj 101/05) osnovano je Javno Preduzeće „Putevi Srbije“ za upravljanje državnim putevima.

Javno preduzede "Putevi Srbije" je odgovorno za održavanje, zaštitu, korišćenje, razvoj i upravljanje državnim putevima I i II reda Republike Srbije.

Pred JP "Putevi Srbije" se danas postavljaju zadaci od prvorazrednog nacionalnog značaja u oblasti očuvanja, dalje izgradnje i unapređenja putne mreže Republike Srbije. JP "Putevi Srbije" je dužno da obezbedi trajno, neprekidno i kvalitetno održavanje i zaštitu državnih puteva prvog i drugog reda i da omogudi bezbedno i nesmetano odvijanje saobradaja na njima.

U ovom radu je stavljen akcenat upravo na rešavanje saobraćajnih i investicionih problema primenom novih, modernih tehnologija.

[1] JP Putevi Srbije, Bulevar Kralja Aleksandra 282, Beograd, email : milos.zdravkovic@putevi-srbije.rs
[2] JP Putevi Srbije, Bulevar Kralja Aleksandra 282, Beograd, email : milos.zdravkovic@putevi-srbije.rs

Cilj ovog rada je da pokaže kako se mogu napraviti moderne saobraćajnice(efikasne i bezbedne), te je zbog nezavršenog investicionog procesa u Srbiji ovo plodno tle za uvođenje inovacija, pa smatramo da će rezultati(ušteda na redovnom i investicionom održavanju, povećana bezbednost saobraćaja) ostvareni na ovaj način biti lako poredivi sa izgrađenim deonicama u našoj zemlji.

2. SVRHA REALIZACIJE PROGRAMA

Naša želja je da puteve unapredimo, modernizujemo i prilagodimo budućim(savremenim) potrebama održavanja, promenljivoj tražnji za kapacitetom, potrebama proizvođača vozila i zahtevima korisnika, da damo informacije o putovanju i merenju učinka, odnosno da gradimo saobradajnice od održivih materijala. Pored toga, imamo namere, da sačuvamo i iskoristimo energiju koja je svuda oko nas, zatim da trajno prevladamo probleme viška vode i temperaturnih promena i da kao finalni proizvod damo put koji bi bio u stanju da se čisti i sanira sam od sebe.

Svrha realizacije ovog projekta bi se ogledala u tome da predloženom modernizacijom se postigne da putevi uvek budu bezbedni, po vozače, u svim eksplatacionim režimima (četiri godišnja doba), odnosno u svim regularnim i vanrednim situacijama.

Realizacijom ovog Programa želi se da putevi budu dostupni, sa minimalnim intervencijama na sanacijama i proširenjima, ili za ugradnju novih instalacija ili za rešavanje pitanja hazarda koji potiču od vremenskih uslova. Ključni sastavni deo ovog novog pristupa ogledade se u prilagodljivom elementu, koji de biti formiran od montažnih kolovoznih konstrukcija koje se mogu dograđivati ili rekonstruisati, odnosno imaju dugi eksploatacioni vek uprkos potrebama za rekonstrukcijama i intervencijama.

Prilagodljivi elementi de ispuniti sve zahteve automatizacije i otpornosti na klimatske promene.

3. SEKTOR ZA STRATEGIJU, PROJEKTOVANJE I RAZVOJ PUTEVA SRBIJE

Sektor za strategiju, projektovanje i razvoj Puteva Srbije je sebi postavio izazovni cilj da razradi zaista nadahnutu viziju kako de se putevi graditi i održavati u XXI veku. Iz toga je nastao *Uvek dostupan put*, odnosno revolucionarni koncept koji će objediniti ono najbolje što imamo danas sa onim što će tek doći i ishoditi sledećoj generaciji puteva. *Uvek dostupan put* je prilagodljiv, automatizovan i otporan na klimatske promene i zasniva se na konceptu izgradnje i održavanja puteva koji se može primenjivati bilo na autoputeve, seoske puteve ili gradske saobradajnice, bez obzira na region ili zemlju.

Objedinjavanjem inovativnih tehnologija i koncepata i ubiranjem znanja i stručnosti iz cele Evrope i Sjedinjenih Američkih Država ova nova generacija puteva izmeniće način projektovanja, izgradnje, održavanja i eksploatacije puteva. Toće dovesti i približiti Srbiju u prve redove razvoja bududnosti saobraćaja.

Uvek dostupan put će se suočiti sa globalnim izazovima kao što su klimatske promene, smanjenje ugljenika, ušteda energije, kao i sve veća potreba za pouzdanošću vremena putovanja kao odgovor na rastuću tražnju za putovanjima privatnim vozilima i drumskim prevozom robe. Istovremeno, pružiće se pomoć u ostvarivanju evropskih ciljeva da saobraćajna infrastruktura bude:

- Bezbedna i sigurna,
- Čišća, tiša i energetski efikasna,
- Veoma konkurentna i održiva,
- Pruža intenzivniju mobilnost,
- Zasnovana na optimalnim, efikasnim i prohodnim sistemima.

Mnoge koristi će proisteći iz zajedničkog rada i iz usmeravanja ka zajedničkoj viziji s konačnim ishodom da se ispune evropski, nacionalni i regionalni ciljevi.

Pod pojmom za *Uvek dostupan put* podrazumeva se*:*

- Prilagodljiv put
- Automatizovan put
- Put otporan na klimatske promene

Cilj Sektora za strategiju,projektovanje i razvoj Puteva Srbije je da putevi uvek budu dostupni, sa minimalnim intervencijama za sanacije i proširenja, i za ugradnju novih instalacija i za rešavanje pitanja hazarda koji potiču od vremenskih uslova.

Ključni deo ovog novog pristupa biće prilagodljivi elementi od montažnih kolovoznih konstrukcija koje se mogu dogradjivati ili rekonstruisati, koji de imati dugi eksploatacioni vek i ispunjavati sve zahteve automatizacije i otpornosti na klimatske promene.

4. CILJEVI RADA

Prioritetni cilj rada JP "Putevi Srbije" je održavanje i obnova postojeće mreže puteva, a cilj održavanja je da se:

- spreči ubrzano propadanje puteva
- očuva ranije uloženi kapital
- poboljša stanje putne mreže.

Finalni cilj je povećanje bezbednosti saobraćaja tj. smanjenje broja poginulih i povređenih te poboljšanje uslova za odvijanja saobraćaja.

Kroz poboljšanje stanja putne mreže smanjuju se troškovi transporta i izvoza, čime se povećava konkurentnost robe na međunarodnom tržištu i podstiče domada privreda.

Sve ovo je moguće postići upošljavanjem kapaciteta domaćih preduzeća za puteve i građevinskih preduzeća, kao i iznalaženjem novih inovativnih rešenja, koja trebaproizvoditi domaćim resursima.

Posebno mesto u ovom programu imaju infrastrukturni objekti u vlasništvu JP "Putevi Srbije"- a to su mostovi i tuneli (Fokus ovog rada je na mostovima, te ćemo posebnu pažnju posvetiti njima).

5. MOSTOVI, MOSTOVSKE KONSTRUKCIJE

Projektovanje savremenih mostova složen je građevinsko-tehnički zadatak, koji treba da zadovolji mnoge zahteve, a ne samo tehničko rešenje njegove noseće konstrukcije, već zavisno od tipa konstrukcije, adekvatno rešenje koje će proizvesti najmanje eksploatacione troškove održavanja. Most može biti napravljen od različitih materijala, te je različitih struktura.

Jedno je zajedničko svima! Projektovani su da služe 24 časa, 365 dana u godini, po mogućstvu neograničeno dugo(naravno uz konstantno održavanje), a to podrazumeva da je njihova struktura podložna vremenskim/klimatskim promenama, te sve većem saobraćaju, tj. Fizičkom opterećenju.

6. OPIS LOKACIJE (SA TEHNIČKIM REŠENJEM)

6.1. Prevencija zaleđivanja mostova

Sama svrha mosta da premosti - dovodi do čestih opasnosti - vlaga iz vode se proteže preko mosta, tu kondenzuje i zamrzava se na površini. Do ove pojave dolazi najčešće kada porvšina(kolovozna) gubi toplotnu energiju, najčešće noću, kada se gubici ne mogu nadoknaditi isijavanjem iz tela konstrukcije mosta. Most gubi toplotu sa svih strana, te se brže hladi od ostalih kolovoznih konstrukcija. Naročito je opasna pojava izazivanja poledice, koja nastaje bez ikakvog pravila i upozorenja usled spontane sunčane aktivnosti. Primena hemije u održavanju znatno smanjuje verovatnoću pojave leda, poledice i snega, ali ona pruža samo privremenu zaštitu i moraju se aktivnosti konstantno ponavljati. Jedini efikasan način sprečavanja leđenja kolovozne konstrukcije na mostu je da se površina održi na temperature iznad tačke smrzavanja vode. Ovo je moguće postići grejanjem, koje kao izvor koristi interni ili eksterni izvor toplote, koja potiče od električnog otpora, zagrejane tečnosti ili para korišćenjem odgovarajućih provodnika.

Učešće države u ovakvim i sličnim projektima se manifestuje kroz izbor lokacija i mostova na kojima bi se ovakav projekat/program pokazao kao delotvoran, ekonomski isplativ, te kroz finansiranje razvoja tehnologija u domaćoj industriji.

6.2. Dostupne tehnologije

Grejanje površine mosta internim sredstvima je skupo, neefikasno i veoma teško primenjivo na terenima Republike Srbije. Nama dostupne tehnologije se mogu grupisati u tri grupe: Hidronične, toplotne cevi i električne.

6.2.1. Hidronični

Prenos toplote preko tečnosti, koja se može zagrevati velikim brojem različitih metoda, koja kruži kroz cevi ili creva ugrađene u neprekidnoj petlji ispod površine kolovoza. Toplota se prenosi na kolovoz i zagreva površinu. Ohlađena tečnost se vraća u sistem (izvoru toplote) i ciklus se ponavlja.

6.2.2. Toplotna cev

Radni fluid toplotne cevi isparava na jednom kraju izvora toplote i rasipa se ka drugom hladnom kraju gde kondenzuje, pritom oslobađa sačuvanu toplotu. Sistem se gradi kao žičana mreža.

6.2.3. Električni

Električna struja prilikom prolaska kroz provodnik nailazi na otpor i gubi energiju, a taj gubitak energije se manifestuje kao toplota. Ovo je princip koji se koristi za grejanje konstrukcija električnim putem.

6.3. Izvori toplote

Energija potrebna za zagrevanje tečnosti za cirkulaciju kroz hidronični sistem ili za isparavanje radnog fluida u cevima mogu se dobiti od visokih energetskih nivoa izvora kao što su fosilna goriva - kotlovi na ugalj, naftu, gas, ili nisko-energetski geotermalni izvori, kao što su voda ili sama zemlja.

6.4. Operacijsko upravljanje

Ako su uslovi zaleđivanja (pojave leda) vrlo česti, bilo bi izvodljivo sa stanovišta ostvarivanja maksimalne zaštite (i mosta i učesnika u saobradaju) primena kontinuiranog grejanja mosta. Međutim, kako su uslovi zaleđivanja/mržnjenja slučajni događaji, generalno kontinuirano grejanje neće i ne može biti isplativo. Zato mora biti obezbeđen modus za signalizaciju pojave zamrzavanja i očekivanih padavina.

Senzori ugrađeni u pločnik i senzori u okruženju oko mosta će obezbediti ove informacije. Oživljavanje sistema grejanja može se postići ručno ili automatski. Ručna kontrola će zahtevati manje senzora i njihovih pridruženih logičkih kola, ali će zahtevati obližnje, stalno, ljudsko opažanje. Veća sofisticiranost (i veči troškovi) će biti neophodni za automatsko upravljanje.

6.5. Cena

Kada pravimo kalkulacije cene izgradnje/ugradnje ovakvih sistema moramo voditi računa da li se sistem pušta u pogon kroz rehabilitaciju ili kao nova konstrukcija. Faktor razlike može da dostigne vrednost četiri.

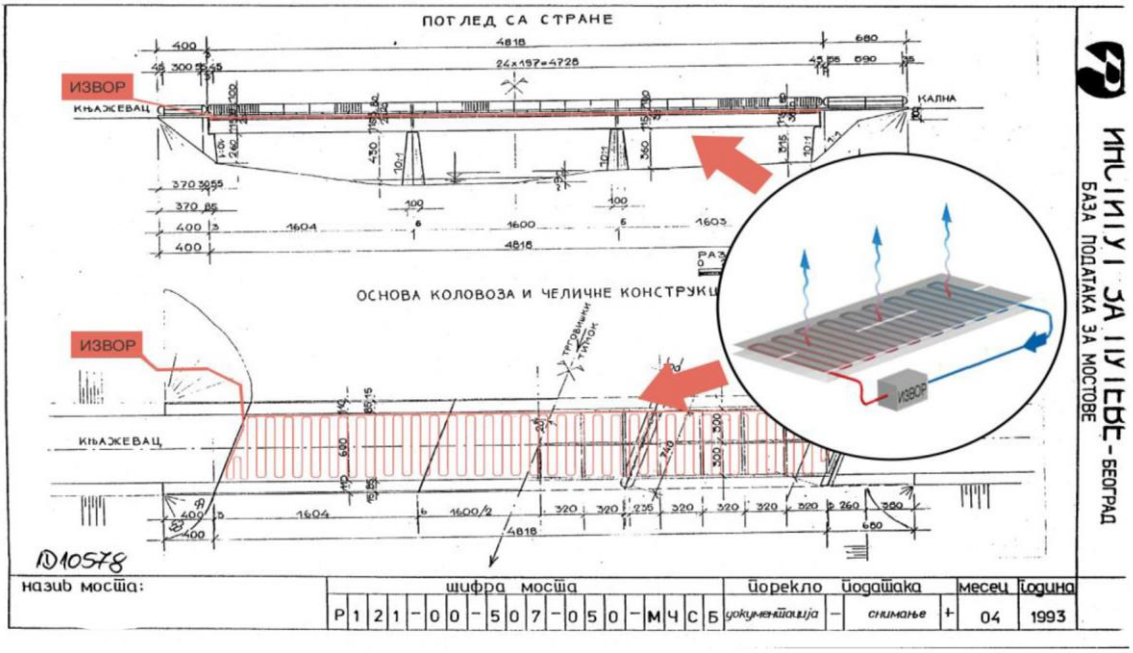
Kada se radi kalkulacija isplativosti bilo bi nezahvalno prognozirati cenu jer ona varira od tehnologija koje su upotrebljene, udaljenosti lokacije, iskustva projektanata i izvođača, lokalne infrastrukture kao i lokalne politike (cene taksi, naknada...).

Operativni troškovi variraju od izvora (tehnologije) toplote i klimatskih uslova. Troškove specifičnog izvora energije može da diktira izbor određene tehnologije. Osim ako ne postoji neki prevashodni faktor vezan za izgradnju teško je preporučiti određenu tehnologiju. Uputno je tražiti upit od svih dilera/prodavaca tehnologija.

Zbog svega navedenog bilo bi dobro pristupiti izradi strategije preventivnog održavanja mostova na državnim putevima u Republici Srbiji, kojom bi se razradila detaljnije sva moguća tehnička rešenja, a u kasnijoj fazi izradio i akcioni plan uspostavljanja celovitog faznog sistema na pre svega najkritičnijim deonicama autoputne mreže, a kasnije i na putevima nižeg reda. Za to postoje preduslovi s obzirom da je urađeno termalno mapiranje za veći deo državnih puteva I reda.

Paralelno sa izradom Strategije preventivnog održavanja mostova na državnim putevima u Republici Srbiji, treba raditi na razradi tehničkih uputstva za različita tehnička rešenja...Hidronična, toplotna cev, električni, koja bi bila obavezujuća za projektante i izvođače, a koje bi pratile i odgovarajući tehnički standardi i podzakonska akta.

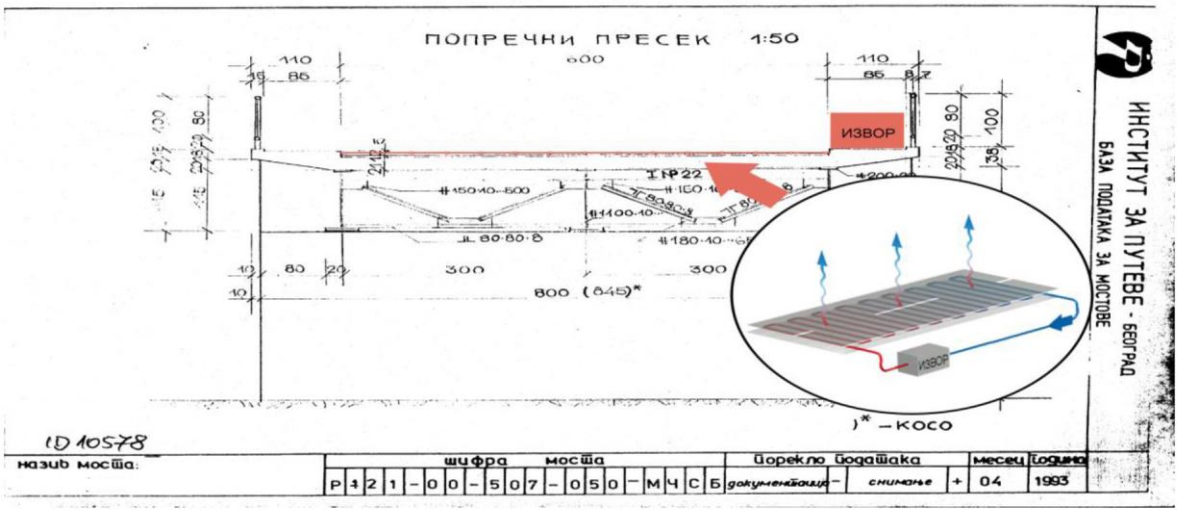
7. PRIMER SLUČAJNO IZABRANE LOKACIJE



ИНСТИТУТ ЗА ПУТЕВЕ - БЕОГРАД
БАЗА ПОДАТАКА ЗА МОСТОВЕ

ID 10578

назив моста:	шифра моста	порекло података			месец	година
	Р121-00-507-050-МЧСБ	документација	–	снимање	+	04	1993



ИНСТИТУТ ЗА ПУТЕВЕ - БЕОГРАД
БАЗА ПОДАТАКА ЗА МОСТОВЕ

ID 10578

назив моста:	шифра моста	порекло података			месец	година
	Р121-00-507-050-МЧСБ	документација	–	снимање	+	04	1993



Slika 1 - *Izgled mosta posle eventualne rehabilitacije, sa primenjenim tehnologijama*
Source (Izvor : Baza podataka o mostovima JPPS, sa obrađenim grafičkim prikazom grejanja mosta)

8. TEHNIČKO REŠENJE

U cilju postizanja efikasnije, bezbednije, energetski efikasnije i konkurentnije putne infrastrukture, **Sektor za strategiju, projektovanje i razvoj Puteva Srbije** sagledao je potrebe, tj. korake neophodne u realizaciji ovog programa.

Ceo program/projekat podeljen je u tri celine:

- Prilagodljiv put
- Automatizovan put
- Put otporan na klimatske promene

8.1. Prilagodljiv put

Ideja o prilagodivom putu proistekla je iz potrebe za efikasnijim, jeftinijim potrebama održavanja, te
potrebama povedanja kapaciteta u saobraćaju.

Da bi se zadovoljili napred navedeni zahtevi neophodno je napraviti površinski sloj fleksibilnim, što trajnijim i lakim za sanaciju, te omoguditi trenutno(ukoliko je to mogude) čišćenje i saniranje pukotina. Potrebno je ugraditi zamenjive rezervoare za odvođenje nečistoda(taloga, prljavštine, soli.,.), montažni donji noseći stroj sa ugrađenim odvodnim i komunikacionim kanalima, rešetkasti

pregradni sistem za odvodne i komunikacione kanale, te finalno u ovoj fazi rešetku za prenos i akumulaciju toplote.



Slika 2 – *Prilagodljiv put*

Na infrastrukturnim objektima, kao što su mostovi, ali i na klasičnim kolovozima (ako se proceni da je moguće veliko povećanje saobraćaja) neophodno je obezbediti ugrađeni sistem za dodatnu traku/infrastrukturu.

Zarad pružanja informacija korisnicima puta o putovanju i merenju učinka u saobraćaju potrebno je ugraditi, zamenljive senzore za praćenje saobraćaja i stanja na putevima. Prilagodljive komunikacione, energetske kanale za kontrolu saobraćajnih traka, praćenje saobraćaja, informacije vozačima i monitoring stanja puta.

U cilju povećanja bezbednosti i efikasnosti saobraćaja namenjen je sistem pričvršćivanja zaštitnih ograda u razdelnom pojasu i saobraćajne signalizacije.

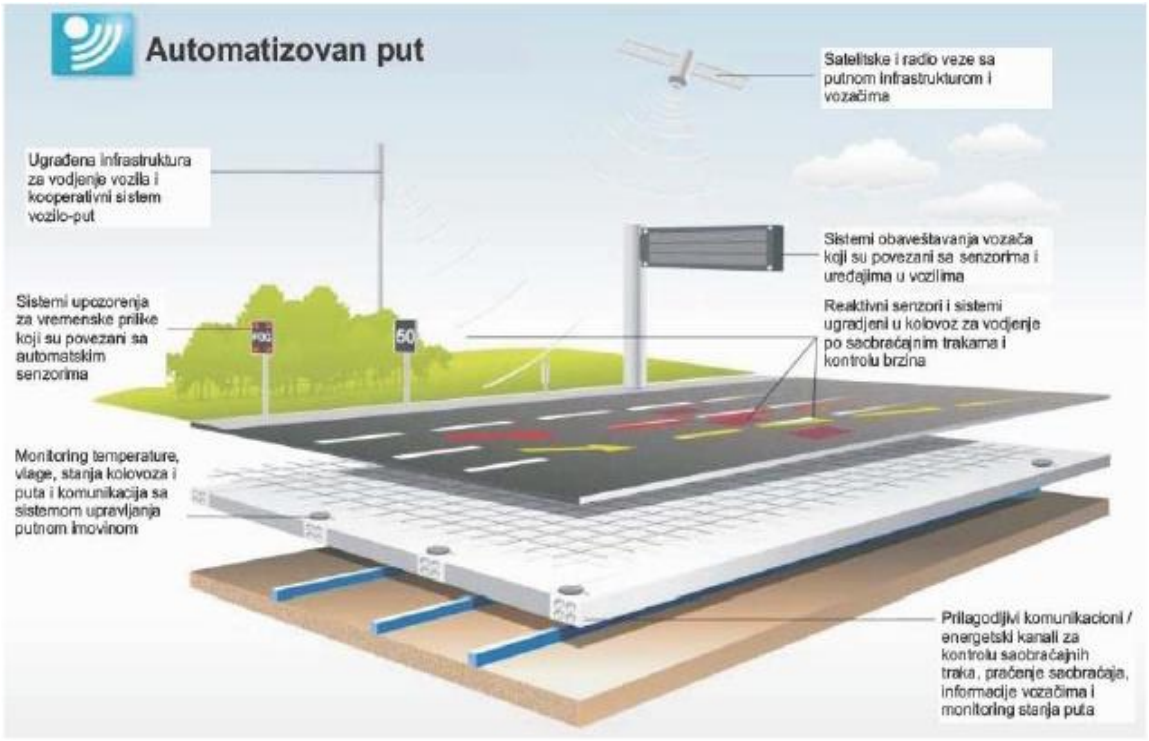
Takođe treba razmotriti mogućnost nadogradnje ovog sistema sa već postojećim elementima sistema brojanja saobraćaja, hidrometereoloških stanica planiranih u okviru osavremenjivanja Zimskog održavanja na celoj mreži.

8.2. Automatizovan put

U cilju postizanja dostignuća vezanih za efikasniji, bezbedniji i konkurentniji saobraćaj Sektor za strategiju, projektovanje i razvoj Puteva Srbije predlaže da se na autoputevima, te putevima prvog reda projektuju, implementiraju sistemi upozorenja za vremenske prilike koji su povezani sa automatskim senzorima, sistemi za obaveštenja vozačima, reaktivni senzori i sistemi ugrađeni u kolovoz za vođenje po saobradajnim trakama i kontrolu brzine.

Zarad jeftinijeg održavanja (smanjenje troškova zimskog održavanja), mobilnosti sistema i efikasnije gradnje potrebno je ugraditi prilagodljive komunikacione i energetske kanale za kontrolu saobraćajnih traka, praćenje saobraćaja i efikasnijeg napajanja.

Monitoring temperature, vlage, stanje kolovoza i puta i komunikacija sa sistemom upravljanja putnom imovinom.



Slika 3 – *Automatizovan put*

8.3. Put otporan na klimatske promene (uvek prohodan put bez obzira na klimatske promene)

Cilj da putevi uvek budu dostupni, sa minimalnim intervencijama za sanacije i proširenja, ili za ugradnju novih instalacija ili za rešavanje pitanja hazarda koji potiču od vremenskih uslova, je svakako dostižan upotrebom novih, svima dostupnih tehnologija u skladu sa zahtevima XXI veka.

Ključni deo ovog novog pristupa, biće ugradnja prilagodljivih elemenata od montažnih kolovoznih konstrukcija koje se mogu dograđivati ili rekonstruisati, koji će imati dugi eksploatacioni vek i ispunjavati sve zahteve automatizacije i otpornosti na klimatske promene.

Da bi se postiglo napred navedeno predlažemo inovativne konstrukcije (naravno već viđene u svetu), pomoću kojih bi bili u stanju da ubiremo i akumuliramo sunčevu energiju za podešavanje temperature kolovoza radi sprečavanja zaleđivanja. Predviđeno je da se isprojektuju sistemi za odvodnjavanje i rezervoari za kontrolu oticanja vode, koja se taloži usled nepogoda.

Zarad povećanja bezbednosti i efikasnosti saobraćaja neophodna je bočna rasveta, a naše je mišljenje da zarad postizanja ušteda predlažemo konstrukciju sistema koji se napajaju iz akumulirane energije/odnosno direktnim pretvaranjem sunčeve energije u električnu.



Slika 4 – *Put otporan na klimatske promene*

9. ZAKLJUČAK

Naučno tehničke mere za unapređenje putne infrastrukture spadaju u grupu najznačajnijih mera koje doprinose podizanju nivoa bezbednosti saobraćaja, te produžavanju vremena eksploatacije saobraćajnica, i primenjuju se u cilju smanjenja troškova održavanja (kako redovnih, tako i investicionih).

U ovom radu smo dali preporuke u primeni naučno tehničkih inovacija na prevenciji zaleđivanja mostova na neizgrađenim deonicama na putnim pravcima Republike Srbije, kako bi se eventualno primenjeni rezultati merili sa već izgrađenim deonicama.

Smatramo da će troškovi (pre svega zimskog) održavanja na novoizgrađenim deonicama biti neuporedivo manji, nego na istim stacionažama izgrađenih deonica, pre svega na obilaznici oko Beograda, a da ćemo kao čist benefit dobiti bezbedniji i efikasniji saobraćaj.

Cilj ovog rada je da pokaže kako se mogu napraviti moderne saobraćajnice(efikasne i bezbedne), te je zbog nezavršenog investicionog procesa u Srbiji ovo plodno tle za uvođenje inovacija, pa smatramo da će rezultati(ušteda na redovnom i investicionom održavanju, povećana bezbednost saobraćaja) ostvareni na ovaj način biti lako poredivi sa izgrađenim deonicama u našoj zemlji.

Literatura:

[1] Wadivkar, O. 1997. An Experimental and Numerical Study of the Thermal Performance of a Bridge Deck De-icing System. M.S. Thesis. Oklahoma State University School of Mechanical and Aerospace Engineering.
[2] Solar Energy Laboratory (SEL). 1997. *TRNSYS, A Transient Systems Simulation Program, User's Manual, Version 14.2.* University of Wisconsin-Madison.
[3] Clark, D.R. and W.B. May. 1985. *HVACSim+ Building System and Equipment Simulation Program – Users Guide.* National Bureau of Standards.
[4] Adlam, T.N. 1947. *Radiant Heating*. The Industrial Press, New York, NY.
[5] Chapman, W.P. 1952. Design of Snow Melting Systems. *Heating and Ventilating*. April, pp. 96-102
[6] Kilkis, I.B. 1994. Design of Embedded Snow Melting Systems: Part 1, Heat Requirements – An Overall Assessment and Recommendations. *ASHRAE Transactions,* 100(1):pp. 423-433.
[7] ASHRAE 1999. *ASHRAE Handbook, HVAC Applications*. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA.
[8] Ramsey, J.W., M.J. Hewett, T.H. Kuehn, and S.D. Petersen. 1999. Updated Design Guidelines for Snow Melting Systems. *ASHRAE Transactions,* 105(1).
[9] Chiasson, A. 1999. Advances in Modeling of Ground-Source Heat Pump Systems. M.S. Thesis, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Oklahoma State University. Also available at: http://www.mae.okstate.edu/Faculty/spitler/pdfs/chiasson_thesis.pdf.
[10] Yavuzturk, C., J.D. Spitler. 1999. A Short Time Step Response Factor Model for Vertical Ground Loop Heat Exchangers. *ASHRAE Transactions*. Vol. 105, No. 2. pp. 475-485.
[11] Eskilson, P. 1987. *Thermal Analysis of Heat Extraction Boreholes.* Doctoral Thesis, University of Lund, Department of Mathematical Physics. Lund, Sweden.
[12] Jin, H. and J.D. Spitler. 2000. A Parameter Estimation Based Model for Water-to-Water Heat Pumps. Submitted for publication to *The International Journal of HVAC&R Research.*
[13] Chiasson, A., J.D. Spitler. 2000. *A Modeling Approach To Design Of A Ground-Source Heat Pump Bridge Deck Heating System*. Accepted for Publication in Proceedings of the 5th International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology. Roanoke, VA. September 5-8, 2000
[14] Spitler, J. D., C. Marshall, R. Delahoussaye, and M. Manicham. 1996. *Users Guide of GLHEPRO*, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Oklahoma State University, Stillwater, OK

ANALIZA STABILNOSTI NASIPA NA TRASI AUTOPUTA KORIDOR Vc, DIONICA SVILAJ – ODŽAK

Đurić Neđo[1], Mitrović Petar[1]
[1]Tehnički institut Bijeljina, e.mail nedjo@tehnicki-instutut.com

Rezime: *Izgradnja autoputa koridor Vc koji prolazi kroz Bosnu i Hercegovinu, zahtijevala je značajna geološka i inženjerskogeološka istraživanja, obzirom da prolazi kroz terena složene geološke građe. Na dionici Svilaj – Vukosavlje koja polazi od rijeke Save i ide dolinom rijeke Bosne, teren pripada akumulacionom reljefu južne Posavine.*

Na predmetnoj dionici u cilju postizanja projektovane nivelete puta, gradiće se nasipi, različite moćnosti, koji su u pojedinim dijelovima terena preko 12,0 m. Nagib kosine nasipa je postavljen tako da bude jednobrazan od vrha pa do kontakta sa tlom, bez bermi, ma koliko iznosila visina nasipa. U radu su prikazana tri karakteristična profila na određenim stacionažama. Urađena je analiza stabilnosti nasipa u prirodnim uslovima i uslovima primjene određenih sanacionih mjera, radi povećanja faktora sigurnosti.

Klučne riječi: *teren, autoput, nasip, analiza stabilnosti*

1. UVOD

Autoput koridor Vc je jedan od najznačajnijih putnih pravaca u državama zapadnog Balkana. Polazi od Budimpešte preko Hrvatske, Bosne i Hercegovine i ponovo ulazi u Hrvatsku u njenom južnom dijelu. Povezuje više postojećih autoputeva koji prolaza kroz Mađarsku, Srbiju i Hravatsku. Njegovom izgradnjom ostvariće se dobra putna povezanost država bivše Jugoslavije.

Najveća dionica autoputa je kroz Bosnu i Hercegovinu oko 330 km i prolazi pravcem sjever – jug, sredinom zemlje. Odabrana je trasa terenom sa najpovoljnijim postojećim prirodnim uslovima, uglavnom dolinama rijeka Bosne i Neretve.

Dionica autoputa koridora Vc od Svilaja do Odžaka, predstavlja sjeverni dio koji polazi od rijeke Save, zatim prolazi aluvijonom rijeke Save, čije su kvartalne strukture sačinjene od litoloških slojeva lošijih fizičko-mehaničkih svojstava.

Istraženost terena u dijelu objekata na trasi je znatno veća u odnosu na samu trasu. Ipak istraživanja provedena u fazi idejnog i glavnog projekta su dovoljna da se generalno može sagledati geološki sastav terena u profilu duž trase.

Za analizu stabilnosti definisani su litološki članovi sa svojim karakteristikama potrebnim za procjenu stabilnost terena preko koga prolazi autoput. Cilj analize je da odredi oblik trupa puta i njegovu stabilnost, kao i stabilnost projektovanog nasipa. Takođe analiza ima za cilj da odredi stabilne nagibe kosina nasipa, materijal od koga se gradi nasip, kao i mere zaštite, kako kosina, tako i podtla na kome je nasip postavljen. Analiza je prekontrolisana stabilnošću kosina nasipa autoputa i slijeganjem trupa puta.

Provjera stabilnosti obavljena je na tri karakteristična profila autoputa na stacionažama km: 1+350; 2+700 i 6+000.

2. OSNOVNE GEOLOŠKE I GEOMEHANIČKE KARAKTERISTIKE TERENA

U geomorfološkom pogledu, teren pripada akumulacijskom reljefu južne Posavine. Reljefne karakteristike odraz su akumulacijskih procesa rijeka Save i Bosne koje su svojim radom formirale glavna geomorfološka obilježja terena.

U geološkoj građi terena, do dubine od oko 30,0 m, zastupljeni su kvartarni sedimenti pleistocenske (Q_1) i holocenske (Q_2) starosti, te sedimenti miocenske starosti predstavljeni laporovitim glinama, koji čine supstrat terena, [1].

[1] Đurić Neđo, e.mail. nedjo@tehnicki-institut.com

Prema inženjerskogeološkoj klasifikaciji inženjerskog tla, teren izgrađuju sitnozrna slabo vezana – koherentna tla i krupnozrna nevezana – nekoherentna tla.

Slabo vezana - koherentna, sitnozrna tla predstavljena su glinovito – pjeskovito – prašinastim sedimentima, glinama i muljevitim glinama, a lokalno se pojavljuju i muljevi kao tanki proslojci. Uglavnom su slabo nosivi, slabo konsolidovani, jako deformabilni i slabe do umjerene vodopropusnost.

Niži litološki član su krupnozrna tla, predstavljena su pijeskom i šljunkom zaglinjenim sa jasno izraženom granicom prema glinovitim sedimentima krovine. Veće su moćnosti imaju dobre geomehaničke karakteristike.
Vrijednosti fizičko-mehaničkih parametara mjerodavnih za geostatičke analize kreću se u sljedećim granicama [1]:

Za glinovite sedimente:

- zapreminska težina γ = 18,0 – 19,5 kN/m³
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 15 – 17^0$
- kohezija c = 17 – 35 kPa
- modul stišljivosti Ms = 2700 – 6300 kPa

Za pjeskovite sedimente:

- zapreminska težina γ = 20,3 – 21,0 kN/m³
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 32 – 33^0$
- kohezija c = 0 kPa
- modul stišljivosti Ms = 8300 – 12200 kPa

Za šljunkovite sedimente:

- zapreminska težina γ = 19,5 – 20,1 kN/m³
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 38 – 39^0$
- kohezija c = 0 kPa
- modul stišljivosti Ms = 47000 - 53000 kPa

Za definisanje geotehničkih uslova projektovanja i izgradnje autoputa, na terenu je izvršeno zoniranje terena sa aspekta geotehničkih karakteristika terena. Rezultati analize pokazali su da se na konkretnoj dionici terenu mogu izdvojiti tri geotehničke zone unutar kojih se čitavom njihovom pojedinačnom dužinom, može uspostaviti jedinstven model terena. U međusobnom odnosu, geotehnički uslovi terena pojedinih zona su različiti ali su u svakoj od njih dovoljno slični da se može računati sa sličnim načinom rješavanja geotehničke problematike, što se u konkretnom slučaju odnosi na izgradnju nasipa.

3. ANALIZE STABILNOSTI

Analiza stabilnosti trupa puta urađena je provjerom stabilnosti kosina i slijeganja nasipa puta [2,3,4,5]. U isto vrijeme određene su neophodne sanacione mjere, kako bi trup puta bio stabilan. Svaka analiza obrađena je dvostruko:

prvo, provjera stanja nasipa u stanju projektovanog bez sanacionih mera
drugo, provjera stabilnosti nasipa posle projektovanja sanacije

Nagib kosine nasipa je 1:1,5, a određen je od strane projektanta trase puta od vrha pa do kontakta sa tlom, jednobrazan je, bez bermi, ma kolika visina nasipa bila. Zato je bilo potrebno uvesti melioracione i sanacione mjere u analizu, kako bi se postigla kompletna stabilnost trupa puta.

Stabilnost nasipa provjerena je i na uticaj pokretnog opterećenja, koje se prema projektantima trase puta kreće p = 20 kN/m^2. Zahtijevani minimalni faktor sigurnosti je Fs=1,350

3.1. Analiza stabilnosti nasipa na stacionaži km: 1+350

Visina nasipa je 6,21 m. Nasip se gradi od kamene drobine krečnjačkog porijekla, kontinualnog granulometriskog sastava 0,0 – 60,0 mm. Ugao unutrašnje otpornosti kamene drobine je $\varphi = 38^0$, a zapreminska masa u zbijenom stanju $\gamma = 19{,}0$ kN/m^3.

Provjera stabilnosti same kosine, pod uslovom da kritični krug eventualne klizne površine prođe kroz tačku na kontaktu kosine i površine tla, dala je minimalan koeficijent sigurnosti:

$$F_S = 1{,}285 < Fs \text{ zahtijevano } 1{,}350$$

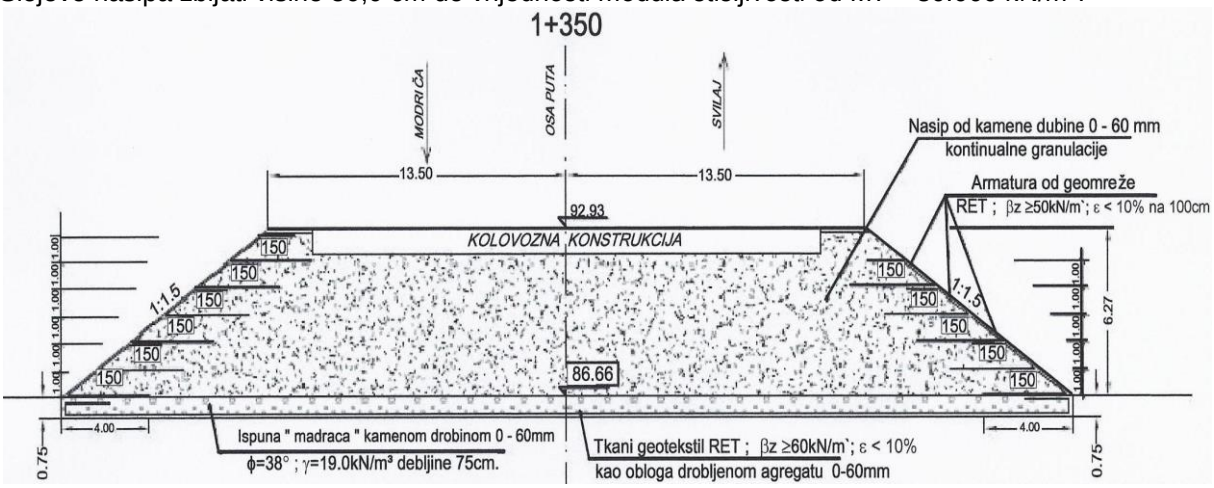
Da bi se postigla zahtijevana vrijednost potrebno je da se kosina nasipa armira sa geosintetičkom mrežom od poliestera (PET), koja treba da poseduje svojstva:

$$\beta_z \geq 50\ \mathrm{kN/m^1} - \text{dozvoljena sila zatezanja}$$
$$\varepsilon \leq 10\ \% - \text{dilatacija pri vrsnoj cvrstoci}$$

Geosintetičku mrežu u hipsometriskom smislu, treba postavljati na rastojanju od 1,0 m na način prikazan na slici 1. Dužina mreže je:

- ankerisani dio 4,0 m
- vertikalni dio 1,0 m
- preklop 1,5 m

Slojeve nasipa zbijati visine 50,0 cm do vrijednosti modula stišljivosti od Mv > 80.000 kN/m^2.



Slika 1. *Poprečni profil nasipa na stacionaži km 1+350*

Podnožnična stabilnost kosine provjerena je poslije zamjene tla u podtlu sa slojem kamene drobine, gore opisane u sloju debljine 70,0 cm, koji se postavlja na tkani geotekstil tipa PET sa svojstvima:

$$\beta_z \geq 60\ \mathrm{kN/m^1} - \text{dozvoljena sila zatezanja}$$
$$\varepsilon \leq 10\ \% - \text{dilatacija pri vršnoj čvrstoći}$$

Otvori (okca) mreže trebaju biti kvadratni sa stranom 4 cm. Zbijanje kamene drobine u podtlu raditi u dva sloja po 35,0 cm, do vrijednosti modula stišljivosti od Mv = 80.000 kN/m^2.

Za navedene uslove pojačanja podtla, dobiven je faktor sigurnosti kosine za podnožnično kliženje

$$Fs = 1{,}819 > Fs \text{ zahtijevano } 1{,}350$$

Iz analize stabilnosti kosine nasipa i podnožničnog kliženja zaključuje se da je nasip stabilan u smislu podnožničnog kliženja, a da se mora armirati u smislu stabilizacije kosine. Nagib kosine je 1:1,5, što daje ugao nagiba oko 34^0. Ugao unutrašnje otpornosti kamene drobine, od koje se gradi nasip, je 38^0, što ukazuje

da je i kosina stabilna, jer je $38^0 > 34^0$. Međutim usvojeni minimalni faktor sigurnosti Fs = 1,350 traži veću sigurnost, obzirom da površina kosine može biti izložena nepovoljnim agensima kao to su erozija, sufozija, zemljotres, vibriranje terena, abrazija ili neki drugi neželjeni faktori. Imajući navedeno u vidu, neophodno je kosinu nasipa armirati geosintetičkom mrežom.

Radi estetskih i ekoloških razloga potrebno je da se svaki sloj nasipa na svojim bočnim površinama – kosinama započne sa humusom pomiješanim sa sjemenom trave, širine sloja 20,0 cm, a visine 100,0 cm. Humuzirana površina kosine nasipa, kad ozeleni daje ljepši izgled nasipu autoputa i oplemenjava okolinu, što je važno sa ekološkog aspekta.

Slijeganje trupa autoputa prije sanacije podtla i trupa puta dobiveno računskim putem iznosi 26,61 cm. Prema proračunu konsolidacije, slijeganje bi se za četiri (4) godine, koliko može da traje građenje autoputa smanjilo za oko 70%, što iznosi 18,63 cm. Ostalo bi kasnije da se slježe još 7,98 cm, što je zanemarljivo, za konsolidacioni period od 175 mjeseci.

Primjenom dvije melioracione mere u vidu ojačanja podtla nasipu sa „dušekom“ od drobljenog kamena i geotekstila i armiranja kosine nasipa geomrežom postiže se stabilnost nasipa na nedovoljno nosivom terenu.

3.2. Analiza stabilnosti nasipa na stacionaži km: 2+700

Visina nasipa je 11,57 m. Nasip se gradi od istog materijala kao i na ranijim stacionažama kontinualnog granulometriskog sastava 0,0 – 60,0 mm. Ugao unutrašnje otpornosti kamene drobine je $\varphi = 38^0$, a zapreminska masa u zbijenom stanju γ = 19,0 kN/m^3.

Provjera stabilnosti same kosine, pod uslovom da kritični krug eventualne klizne površine prođe kroz tačku na kontaktu kosine i površine tla, dala je minimalan koeficijent sigurnosti:

$$F_S = 1{,}262 < Fs \text{ zahtijevano } 1{,}350$$

Za postizanje zahtijevane vrijednosti Fs, potrebno je da se vrši armiranjem kosine nasipa sa geosintetičkom mrežom od poliestera (PET), koja ima svojstva:

$$\beta_z \geq 50\ \mathrm{kN/m^1} - \text{dozvoljena sila zatezanja}$$
$$\varepsilon \leq 10\ \% - \text{dilatacija pri vrsnoj cvrstoci}$$

Geosintetičku mrežu, u hipsometriskom smislu, postavljati na rastojanju od 1,0 m na isti način kao što je prikazan na slici 1. Dužina mreže je:

- ankerisani dio 5,0 m
- vertikalni dio 1,0 m
- preklop 1,5 m

Slojeve nasipa zbijati visine 50,0 cm do vrijednosti modula stišljivosti od Mv > 80.000 kN/m^2.

Podnožnična stabilnost kosine provjerena je poslije zamjene tla u podtlu sa slojem kamene drobine, gore opisane, u sloju debljine 70,0 cm, koji se postavlja na tkani geotekstil tipa PET sa svojstvima.

$$\beta_z \geq 60\ \mathrm{kN/m^1} - \text{dozvoljena sila zatezanja}$$
$$\varepsilon \leq 10\ \% - \text{dilatacija pri vrsnoj cvrstoci}$$

Otvori (okca) mreže trebaju biti kvadratni sa stranom 4 cm. Zbijanje kamene drobine u podtlu raditi u dva sloja po 35,0 cm, do vrijednosti modula stišljivosti od Mv = 80.000 kN/m^2.

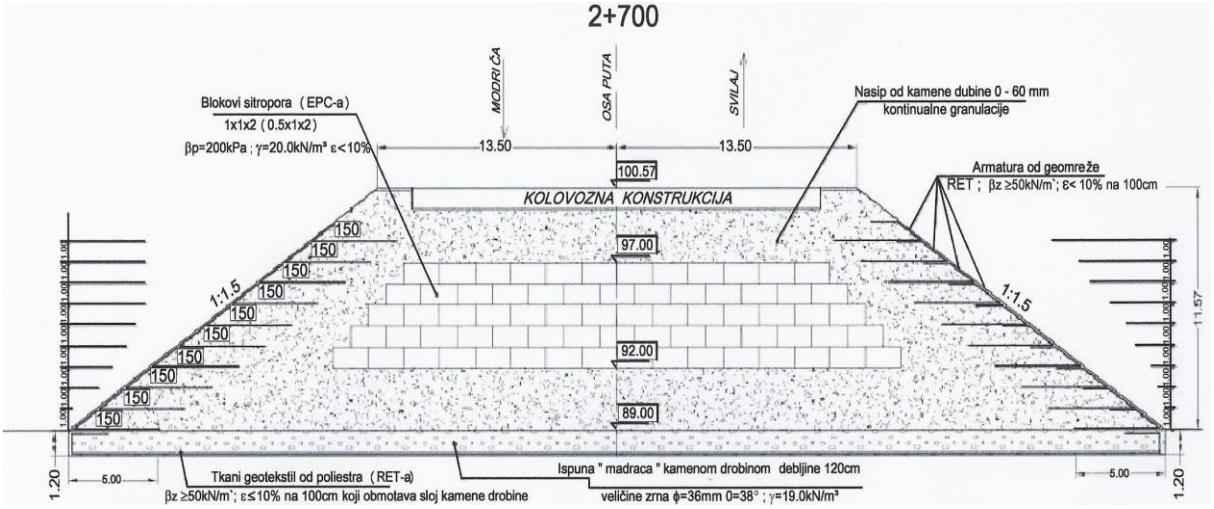
Za navedene uslove pojačanja podtla, dobiven je faktor sigurnosti kosine za podnožnično kliženje

$$Fs = 1{,}694 > Fs \text{ zahtijevano } 1{,}350$$

Iz analize stabilnosti kosine nasipa i podnožničnog kliženja zaključuje se da je nasip stabilan u smislu podnožničnog kliženja, a da se mora armirati u smislu stabilizacije kosine. Nagib kosine je 1:1,5, što daje ugao nagiba oko 34^0. Ugao unutrašnje otpornosti kamene drobine od koje se gradi nasip je 38^0, što ukazuje

da je i kosina stabilna, jer je $38^0 > 34^0$. Međutim usvojeni minimalni faktor sigurnosti Fs = 1,350 mora su poštovati, jer površina kosine može biti izložena nepovoljnim agensima kao što su erozija, sufozija, zemljotres, vibriranje terena, abrazija ili nekim druim. Zato je neophodno kosinu nasipa armirati geosintetičkom mrežom.

Slijeganje trupa autoceste prije sanacije podtla i trupa puta dobiveno proračunima je 61,70 cm. Prema proračunu konsolidacije, ono bi se za četiri godine, koliko može da traje građenje autoputa, sleglo bi se oko 60%, što iznosi 37,02 cm. U kasnijoj fazi će se slijegati još 24,68 cm. Da bi to izbeglo predložene su melioracione mjere od izrade pet slojeva polistirena – stiropora, EPS-a u blokovima dim. 1,0 x 1,0 x 2,0 m ili 0,50 x 1,0 x 2,0 m^1, koji bi se postavili u sredini nasipa, slika 2, čime bi olakšali nasip, jer je težina stiropora 0,20 kN/m^3 [6,7,8]. Slijeganje nasipa poslije primene pet (5) reda stiropora ukupne visine 5,00 m^1, iznosi 35,20 cm. Prema proračunu konsolidacije, ono bi se za četiri godine, koliko može građenje autoputa da potraje, sleglo oko 60%, što iznosi 22,94 cm. Ostalo bi kasnije da se sleže još 12,36 cm, što se može prihvatiti, jer će se slijeganje ravnomerno obavljati još 202 meseca.



Slika 2. Poprečni profil nasipa na stacionaži km 2+700

Primenjeni stiropor treba imati čvrstoću na priticak σ_p = 200 kPa, a dilatacija pri vršnoj pritisnoj čvrstoći 10%. Spajanje blokova stiropora moguće je lepljenjem ili mehanički vezama od lima. Preporučuje se mehanički način veze.

Sa tri melioracione mere: ojačanje podtla nasipu sa „dušekom“ od drobljenog kamena i geotekstila, armiranja kosine nasipa geomrežom i primenom stiropora radi smanjenja težine trupa autoputa postiže se stabilnost nasipa na nedovoljno nosivom terenu.

3.3. Analiza stabilnosti nasipa na stacionaži km: 6+000

Visina nasipa je 4,62 m. Nasip se gradi od istog materijala kao i na ranijim stacionažama. Provjera stabilnosti kosine urađena je za iste uslove, pri čemu je dobiven minimalan koeficijent sigurnosti:

$$F_S = 1,275 < Fs \text{ zahtevano } 1,350$$

Dobiveni faktor sigurnosti zahtijeva armiranje kosine nasipa sa geosintetičkom mrežom od poliestera – PET, koja treba da poseduje svojstva, kao što su ranije navedena. Takođe geosintetičku mrežu u hipsometriskom smislu postavljati na isti način. Dužina mreže je ista samo je ankerisani dio dužine 4,0 m.

Način zbijanja nasipa i postizanje vrijednosti modula stišljivosti Mv je isti. Podnožnična stabilnost kosine provjerena je poslije zamjene tla u podtlu sa slojem kamene drobine sa istim osobinama i uslovima. Zbijanje kamene drobine u podtlu raditi u dva sloja po 35,0 cm, do postizanja utvrđene vrijednosti modula stišljivosti. Za navedene uslove pojačanja podtla, dobiven je faktor sigurnosti kosine za podnožnično kliženje

$$Fs = 1,839 > Fs \text{ zahtijevano } 1,350$$

Geostatički proračuni za sve tri stacionaže obavljeni su metodom Bichop-a, po programskom paketu S. Ćorića i programera S. Tomaševića.

Slijeganje trupa autoputa prije sanacije podtla i trupa puta proračunato je 46,85 cm. Prema proračunu konsolidacije, ono bi se za četiri godine, koliko može građenje autoputa da potraje, sleglo oko 80%, što iznosi 37,48 cm. Ostalo bi kasnije da se slieže još 9,38 cm, što se može prihvatiti, jer će se sleganje ravnomerno obavljati još 129 meseci.

Sa dvije melioracione mere, kao što su ojačanje podtla nasipu sa „dušekom" od drobljenog kamena i geotekstila i armiranje kosine nasipa geomrežom postići će se stabilnost nasipa na nedovoljno nosivom terenu.

4. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Dionica autoputa koridora Vc od Svilaja do Odžaka je ravničarskog karaktera i prolazi kroz aluvijon rijeka Save i Bosne, gdje često izmjenjivanje sedimenata u vertikalnom profilu. Da bi se zadržala potrebna niveleta puta, na ovoj dionici, neophodno je uraditi nasip cijelom dužinom, različite visine.

Podtlo na cijeloj dužini trase koridora Vc od Svilaja do Odžaka je loših karakteristika. Potrebno je izvršiti njegovu sanaciju u širini podtla autoputa izradom sloja kamene krečnjačke drobine obmotane tkanim geotekstilom tipa poliestera, sa svojstvima $\beta_z \geq 60\ \mathrm{kN/m^1}$ i $\varepsilon \leq 10\ \%$:

- do visine nasipa 4,5 m, visina dušeka je 0,50 m
- do visine nasipa 4,5 – 7,0 m, visina dušeka je 0,75 m
- do visine nasipa 7 – 12 m, visina dušeka je 1,20 m

Armiranje kosina vršiti geosintetičkom mrežom od poliestera PET, sa svojstvima: $\beta_z \geq 50\ \mathrm{kN/m^1}$ i $\varepsilon \leq 10\ \%$ i okcima 4 x 4 cm.

Olakšanje nasipa stiroporom sa svojstvima γ = 0,20 kN/m^3, $\sigma_p \geq 200\ kPa$, $\varepsilon \leq 10\ \%$ treba obaviti od visine nasipa 7,0 m, pa naviše do maksimalne visine nasipa i to:

- za nasip visine od 7,0 do 8,0 m, primijeniti 2 reda stiropora po 1,0 m visine, što je ukupno 2,0 m
- za nasip visine od 8,0 do 9,0 m, primijeniti 3 reda stiropora po 1,0 m visine, što je ukupno 3,00 m
- za nasip visine od 9,0 do 10,0 m, primijeniti 4 reda stiropora po 1,0 m visine, što je ukupno 4,00 m
- za nasip visine preko 10 m, primijeniti 5 reda stiropora po 10 m visine, što je ukupno 5,00 m

Predložene sanacione mjere su dovoljne da se postigne tražena stabilnost nasipa na nedovoljno nosivom terenu.

Literatura

[1] Đurić, N. (2011). Elaborat o geološkim i geotehničkim karakteristikama terena na trasi autoputa koridor Vc, dionica Svilaj – Vukosavlje. Bijeljina, Tehnički institut.

[2] Ćorić, S. (2008). Geostatički *proračuni, treće izdanje*. Rudarsko-geološki fakultet Beograd. Beograd.

[3] Maksimović, M. M. (2001). *Mehanika tla, drugo izdanje*. Čigoja štampa. Beograd.

[4] Bowles, J. (1997). Fondation analysis and desing. *Exoloration, sampling and in situ soil measurements.* Fifth edition. McGraw Hill Higher Education.

[5] Đurić, N. (2011). *Hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja*. Građevinski fakultet, Tehnički institut. Subotica, Bijeljina

[6] Mitrović, P. (2004). *Primena plastičnih materijala pri građenju puteva*. Institut za puteve Beograd. Beograd.

[7] Rakić, D. (2003). Primena geosintetičkih materijala pri građenju nasipa na slabonosivom tlu. Zbornik radova naučnoh skupa „Primena geosintetičkih materijala u izgradnji i održavanju puteva. Subotica.

[8] Rakić, D., Dragaš, J. (2003). Vrste i karakteristike geosintetičkih materijala koji se koriste za armiranje tla. Zbornik radova naučnoh skupa „Primena geosintetičkih materijala u izgradnji i održavanju puteva. Subotica.

УПРАВЉАЊЕ ИЗГРАДЊОМ АУТОПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

мр Боро Здјелар[1], дип.инг.гр.
[1] *„Интегралинжењеринг“ Бањалука, пројектменаџер, betonzd@yahoo.com*

Резиме: *Градња аутопутева у Републици Српској везује се за политичку одлуку Владе из 2002. године. До данас је пуштено у саобраћај 34,5 км, а траје градња 72,00 км. Учесници у градњи на првој дионици су учили на властитим грешкама. Први аутопут Градишка – Бањалука грађен по принципу „Изгради по пројекту“ , други од Бањалуке до Добоја гради се према „Испројектуј и Изгради“.*
Различити приступи захтијевају различиту организацију свих учесника у градњи. Можемо ли искористити прилику да неке наше компаније израсту у равноправне судионике на међународним тендерима. Шта требамо учинити на појединим нивоима па да уз такве компаније престанемо бити само корисници кредитних средстава.

кључне ријечи: *управљање , градња , знање , конкурентност , развој*

УВОД

Одлуком Владе Републике Српске одређено је да почне градња дионице аутопута Е-661, ГРАДИШКА – БАЊА ЛУКА. Градња се инвестира из властитих извора. Реализација одлуке почела је крајем 2004.год. на секцији Маховљани – Гламочани у дужини од 5600м. Каснија догађања показала су огорман значај те одлуке како за развој локалних грађевинских предузећа, тако и за развој мреже аутопутева. Одпочела је реализација пројекта зацртаног 70их година 20. вијека.
Став у одлуци да се гради властитим средствима усмјерио је услове тендера према могућностима домаћих предузећа. Указану прилику искористила су домаћа предузећа и у слабој конкуренцији добили посао. У старту нико од учесника није био спреман за такав градитељски подухват. Упорност, одлучност и визија неколицине учесника пресудили су да пројекат уз огромне тешкоће, кашњења, сумњичења и оспоравања буде доведен до краја. Лекција научена на властитим грешкама отворила је врата кредитним аранжманима са EBRD и EIB. Овим средствима завршен је аутопут Градишка – Бања Лука у дужини 34,5 км.
У 2012. год. наставља се градња аутопутева у РС те се тренутно гради 72км аутопута чвор Маховљани – Добој. За разлику од аутопута Градишка – Бања Лука, овај се гради по принципу „ИСПРОЈЕКТУЈ И ИЗГРАДИ “. Примјена овог принципа показује велики напредак код свих учесника у градњи.

1. НАРУЧИОЦ ГРАДЊЕ И НАДЗОР

1.1. Инвеститор

Прва дионица аутопута Е- 661, у дужини 5,6 км, инвестирана је из властитих средстава Републике Српске. У име владе, односно, ресорног министарства, инвестицију је водило
„ЈП Путеви Републике Српске“. Логично понашање за вријеме кад је то био пионирски посао, кад се није знало којом брзином и колико аутопута ће се уопште радити. У оквиру предузећа које је посједовало инфраструктуру формирано је одјељење које је водило ту инвестицију. Број извршиоца који су радили само на том пројекту био је минималан - рационално ријешење на први поглед. Главни недостатак овакве организације је био у чињеници да су поједини чланови одјељења имали и друге обавезе у оквиру основног описа послова. Пословима из области аутопута посвећивали су преостали дио времена, који често није био довољан за благовремено рјешавање великог броја проблема који су пратили тај пројекат.

[1]Аутор задужен за коресподенцију: boro.zdjelar@integralgrupa.com

Поред огромних недостатака у пројектној документацији, основни проблеми су били у нерјешеним имовинско-правним пословима. Законски прописи нису били прилагођени јавном интересу и омогућавали су вишегодишње судске спорове. Цијело то вријеме сви у ланцу реализације пројекта чекали су судску одлуку. Измјене законских прописа из ове области омогућили су инвеститору увођење извођача у посијед уз разумну надокнаду власнику. Своје незадовољство надокнадом власници некретнина имају прилику надокнадити у каснијем судском спору. За разлику од ранијег, овај спор не одлаже реализацију пројекта. Илустрације ради, прва изграђена дионица имала је четири парцијалне грађевинске дозволе, иако је дуга само 5,6 км, а наредна од 26,60 км имала је само двије, и није било кашњења радова због чекања на увођење у посјед.
Почетком изградње друге дионице аутопута Е-661, Градишка - Бањалука, Влада Републике Српске доноси одлуку о оснивању новог ЈП „Аутопутеви Републике Српске“. Временом је ово предузеће кадровски попуњено и настаје видљива промјена у активностима. Пословима на изградњи аутопутева сада се баве људи којима је то једини задатак. У релативно кратком времену припремљен је пројекат изградње аутопута Бањалука - Добој, тренутно је у реализацији. Оправданост постојања, ова установа показује не само кроз припрему нових пројеката већ и кроз квалитетну припрему истих. Примјер је одлука да се аутопут Бањалука - Добој гради по принципу „Испројектуј и изгради“. Овај принцип инвеститора поставља у далеко повољнији положај него кад се гради по принципу „Изгради према пројекту“. Принцип по коме се сада гради, инвеститору оставља више простора за контролу пројектног ријешења и немало сву одговорност за пројекат пребацује на извођача. Овакав приступ од инвеститора захтијева темељиту припрему и организацију, израде идејног пројекта.

1.2. Надзор

Огроман напредак видљив је и у одабиру надзорног инжењера и његовог тима. На првој дионици надзор је повјерен домаћем JV. Уз мноштво објективних проблема, контрола квалитета и извођења доведена је до краја. На наредном тендеру посао надзора повјерен је иностраном JV. Доласком искусних иностраних инжењера, сви учесници у реализацији имали су прилику да науче нове ствари. Организација контроле квалитета била је највећа новост.
Први пут на овим просторима, посао у званичној лабораторији организује извођач према упутсвима и под надзором инжењера одговорног за квалитет. Неке тестове који су углавном везани за мјерења врше „његови“ техничари, остале тестове ради извођач у оквиру унутрашње контроле. Резултате тих тестова редовно провјеравају инжењери за квалитет и његови сарадници. Само поједине врсте тестова, специфичне и ријетке, повјеравао је специјализованим лабораторијама. Сви трошкови контроле квалитета иду на рачун извођача, осим плаћања надзорног особља. Научене су и многе процедуралне ствари које олакшавају контролу квалитета, а резултати се трајно документују. Најважнија промјена која је уведена је писани захтијев за одобрење наредне фазе рада. Уз овај захтијев прилаже се методологија рада са пописом материјала и средстава којим ће се радови изводити. Такође се прилаже атест за материјал и тражи одобрење за примјену. Тек након одобрења од стране инжењера да је претходна фаза коректно одрађена, приступа се разматрању и одобрењу захтијева.
Могућност грешке, поштовањем наведених процедура, сведена је на минмум. Заштићен је и интерес извођача, само квачитетано одрађен посао омогућава наставак радова а тако и поштовање рокова.

2. ИЗВОЂАЧКЕ КОМПАНИЈЕ

Послије рата у Републици Српској постојала су мала грађевинска предузећа, осиромашена ратом, са застарјелом механизацијом, без финанцијске моћи, расутих кадрова свих профила. Инвеститори су биле разне међународне организације које су, нормално, имале своје услове за додјелу послова. Држана предузећа нису могла учестовати на конкурсу.
Приватна предузећа функционишу по принципу инжињеринга често и несвјесно, јер неки власници тај појам нису ни разумјевали. Нешто механизације, колико је било исправно, налазило се у власништву државних предузећа, а посебно каменоломи и асфалтна постројења са опремом за уградњу и производњу. У таквим условима, предузећа која имају опрему, знање, искуство, традицију, постају подизвођачи, нових предузећа, која често имају, тада само власника, који је и директор и једини запослени. Овакво стање на тржишту поставља темеље за нешто што ће пратити друштвена збивања и до данас, али то није тема овог рада.

У оваквом амбијенту, међу предузећима и прије проведене приватизације, долази до раслојавања. Квалитетом организације, контролом извршених радова, окупљањем кадрова свих профила, а посебно улагањем у механизацију и инжењерски кадар, одваја се мањи број предузећа из масе настале у првим годинама послије рата. Постају способни да самостално изводе радове уз куповину материјала којима још не располажу, као што су асфалти, камени агрегати и сл. Временом израстају у способна предузећа да самостално изводе радове на путевима највишег ранга у то вријеме.
Значај одлуке да се гради аутопут је у чињеници да су домаће компаније стекле прва искуства из ове области, финансијски ојачали, те тако испунили неке од услова међународних кредитора за учешће на тендерима, гдје они прописују услове. Овај посао тјера на нова инвестициона улагања, кадровско јачање и нови облик организације, како унутрашње тако и ваљске. Менаџмент предузећа повлачи тада одлучујући потез и изналази партнера који омогућава ново учешће на тендеру као равноправног учесника кроз JV (партнерство). Повољан JV споразум омогаћава даљи развој и испуњење нових услова за учешће на наредним тендерима, са амбицијом стицања статуса водећег партнера у JV, а можда и самосталног учешћа у наредном периоду. Вријеме је показало да само оне компаније, које су улагале у инжињерски кадар, су успијеле да повећају своје могућности за учешће на највећим пословима.
Направиле су први корак према компанији која има регионалне амбиције.

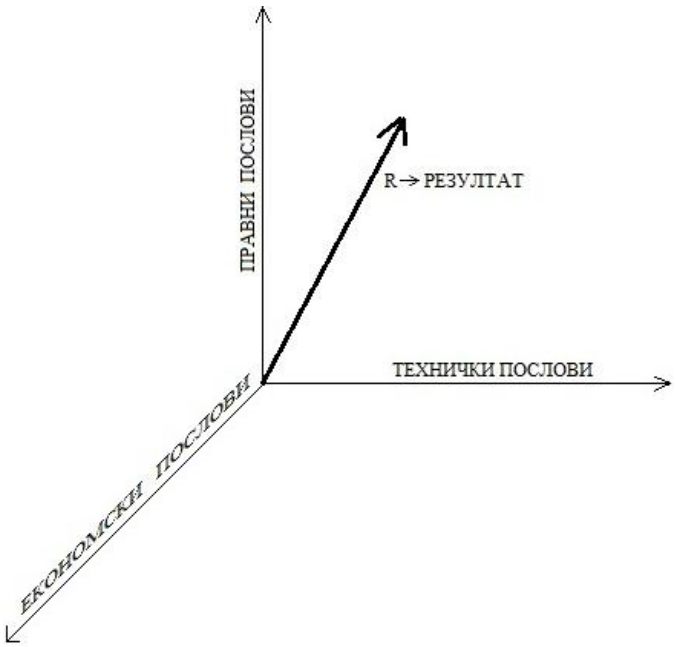
2.1. Организација извођачке компаније

Свака успјешна компанија постоји на три основна организациона стуба (сл 1) .Ти стубови су ПРАВНИ, ЕКОНОМСКИ и ТЕХНИЧКИ сектор. У организационом смислу ови стубови требају функционисати по вертикали у грађевинској компанији (сл.2). Значи да постоји на врху сваког стуба „ОДГОВОРНО ЛИЦЕ“ које се у разним регијама, или културама назива другачије (ДИРЕКТОР СЕКТОРА, ШЕФ, и сл.).
Битна је суштина обавеза и одговорности које има лице на том мјесту, а то је у најкраћем – организује и управља процесима у оквиру свога стуба. Овај вертикални систем функционисања препоручујем из разлога чистије ситуације у погледу одговорности. Тројка на челу служби је директно одговорна ПРЕДСЈЕДНИКУ УПРАВНОГ ОДБОРА или ГЕНЕРАЛНОМ ДИРЕКТОРУ (сл.3), како се та функција назива. Основне области дјеловања појединих служби (стубова) проистичу из самог назива.
Простор овог стручног рада не дозвољава разматрање организационе структуре појединих стубова. Погрешно је организацију управљања предузећа (компаније), доводити у директну везу са организацијом управљања пројектом.



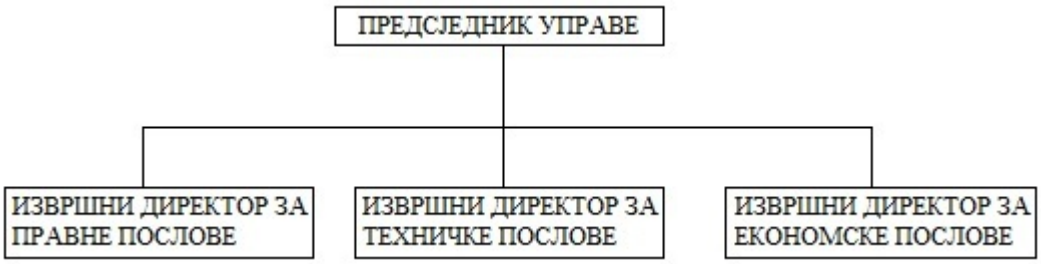
Слика 1.

Организација управљања пројектом треба да се налази под окриљем предузећа у смислу одговорности управи за резултате пројекта и коришћење ресурса истог, ради смањења трошкова.



Слика 2.

Процеси управљања морају бити одвојени из разлога што је управљање предузећем константан, дугорочан посао, а управљање пројектом је краткорачан посао иако некада траје и неколико година, овисно о сложености и обиму пројекта. Честа је грешка на нашим просторима управо у овом дијелу управљања. Пошто се ради о темељној поставци организације управљања даље грешке су потпуно логичне и са тешким посљедицама за пројекат, а често и за компанију. Указивање на ове пропусте је неопходно, јер на нашим просторима једно вријеме није било великих грађевинских пројеката.
Са друге стране сва наша велика предузећа способна за реализацију таквих пројеката или су нестала или су промјенила власничку структуру. И у једном и у другом случају дошло је до промјене управљачке структуре, а ријетки су добили искусног власника који има искуство управљања великим пројектима у грађевинарству.



Слика 3.

У Републици Српској стварање су нове компаније потпуно у приватном власништву једног лица или највише и врло ријетко тројице људи. Проблеми оваквих компанија додатно су увећани схватањем власника да морају одлучити о сваком питању, трошку, и сл. Оваква понашања проистичу из лоше организације која неуспоставља адекватан систем контроле остварених резултата. Пошто немају благовремене резултате пословања пројекта, логична је тежња да се одлучује о свему. Ствара се привид у сигурност пословања. То у стварности ништа не значи, јер и даље власник нема праве показатеље на основу којих би одлучивао. Друга је ствар колико је он компетентан да доноси најбоље одлуке за компанију и када би имао те показатеље. Чињеница да то што је неко власник не гарантује да је у свакој ситуацији у стању донијети боље ријешење од професионалног менаџера за неку област.

3. ИЗГРАДИ ПО ПРОЈЕКТУ (,,ЦРВЕНИ FIDIC,,)

Пројекат је израђен према пројектном задатку који саставља инвеститор. Ревизију врши овлаштена институција према избору инвеститора. На основу оваквог пројекта расписује се конкурс за подношење понуда за изградњу аутопута. Пројектантски предмјер радова основа је за израду предрачуна. Све грешке у њему најчешће буду на штету инвеститора. За разлику од принципа „ПРОЈЕКТУЈ И ИЗГРАДИ“, гдје је ризик грешака у пројектовању пренесен на извођача, овдје је већи или скоро сав ризик на инвеститору. Да не буде забуне, и у једном и другом случају, пројекат мора бити без грешака техничке природе. Ријеч је о грешкама, које су могуће и не тако ријетке, у подацима који су базирани на истражним теренским радовима, прије свега геолошки и хидролошке студије. Грешке настају због недовољног обима истражних радова или неискуства извршиоца.
Друга врста грешака по учесталости су грешке у предмјеру радова које могу дати погрешну слику о укупној вриједности радова, а знају одлучити и побједника на тендеру. Искусан извођач (понуђач) вјешто, уочене грешке те врсте, претвори у своју предност још у процесу нуђења. Извођачу је дато право да поднесе захтијев за одштету по много више основа него у случају „Пројектуј и изгради“ гдје је једини основ „разлози који нису могли бити познати извођачу“ или очити пропусти инвеститора, који су у правилу не оствариви. Шта може извођачу бити непознато кад је обавезан испројектовати објекат на основу постојећег идејног пројекта? Врло мало или готово ништа, ако још инвеститор својим посебним захтијевима, елиминише и онемогући грешке у геологији.
Одлука инвеститора да гради на основу властитог пројекта, мора имати за посљедицу и одабир искусних ревидената који ће елиминисати већину грешака. Овдје се крије опасност коју диктира поступак „јавних набавки“, гдје су пресудни фактори за додјелу посла по правилу само цијена и услови плаћана. Погрешно постављање услова на основу којих се додијељује посао, отвара могућност додијеле посла некоме ко нема довољно искуства или располаже са мање квалитетним кадровима. Грешка у одабиру ревидента коју диктира само цијена, може на крају многоструке више коштати посла, него што би се платило ангажовање најскупљег понуђача за вршење ревизије. У атмосфери која је створена у јавности око „јавних набавки“ не треба замјерити инвеститорима кад се овако понашају у одређивању критерија. Препорука је да инвеститор ангажује властиту супервизију сачињену од искусних стручњака, по властитом избору.
Ревизија о којој сам говорио је законска обавеза и њоме се могу бавити лиценциране пројектантске копаније, што није увијек гаранција да ће посао обавити без грешке. Понављам, цијена ревизије или супервизије на оваквим пројектима је занемарива у односу на цијену која може бити плаћена због грешака у пројекту. Овдје се не мисли на грешке које би угрозиле стабилност објекта или неког његовог дијела. Ми у Републици Српској смо имали прилику да сагледамо и научимо овакву лекцију на првој дионици аутопута који смо градили. Грешке пројектанта и њихово не отклањање од стране ревидента довели су до стварања лажне слике о вриједности посла. Накнадни и непредвиђени радови били су већи него основни уговор. Цијена непредвиђеног продужетка радова никада није обрачуната као ни цијена нарушеног угледа учесника у извођењу, па и самог инвеститора. Касније вођење послова на изградњи наставка аутопута Градишка – Бањалука, а посебно аутопута Бањалука - Добој, показују да је инвеститор врло добро научио како штитити властите интересе.

4. ИСПРОЈЕКТУЈ И ГРАДИ (,, ЖУТИ FIDIC ")

Жеља аутора овог рада је да укаже на специфичност када се реализује пројекат по начину „ПРОЈЕКТУЈ И ГРАДИ“ тзв. „ЖУТИ FIDIC“. Овај начин примјењен је сада први пут у Републици Српској на реализацији пројекта изградње Аутопута „Бањалука – Добој“ .
Инвеститор је претходно израдио идејни пројекат, ревидовао га и усвојио као основу за рјешавање имовинско-правних односа, подлогу која дефинише и усмјерава основне елементе новог Аутопута. Пројектовање оваквог објекта изузетно је захтијеван посао, посао којим се у правилу баве специјализоване компаније.
Извођач је у обавези израдити пројекат за извођење и према њему саградити објекат, набавити опрему и ставити у функцију. Инвеститор је претходно израдио идејни пројекат, ревидовао га и усвојио као основу за рјешавање имовинско-правних односа, подлогу која дефинише и усмјерава основне елементе новог Аутопута. Пројектовање оваквог објекта изузетно је захтијеван посао, посао којим се у правилу баве специјализоване компаније. Инвеститор и извођач у оваквој ситуацији морају имати у својој организацији

одјељења која су способна активно учествовати у овим пословима у интересу свог послодавца. Имају заједнички циљ, а различите интересе. Улогом пројектанта, извођач преузима велику одговорност.



Слика 4.

Одјељење треба да се бави анализом пројектних ријешења по фазама.(сл.4) Одјељење за анализу и управљање пројектовањем састоји се од инжењера различитих специјалности. Инвеститор може ангажовати и неку консултантску кућу која би анализирала пројектована ријешења и штитила интересе инвеститора.

Ово је осјетљиво питање у Републици Српској која данас има у саобраћају само 34,5 км аутопута, односно нема властитих искустава како се поједина рјешења понашају у кориштењу и какви су њихови утицаји на трошкове одржавања. Поразна чињеница би била ситуација да се не прикупљају и системски слажу мјеродавни подаци са дионице која је у саобраћају. Након неког времена одређене анализе ових података могу указати да је потребно нека ријешења одбацити као неприхватљива, односно да су друга дала добре резултате што значи да инвеститор ултимативно инсистира на примјени истих, у пројектовању наредних дионица. За ове послове нису потребни инжењери вични пројектовању, него инжењери са склоностима анлитичком посматрању појединих ријешења са становишта безбједности саобраћаја, трошкова одржавања, обезбјеђења трајности и функционалности свих дијелова аутопута.

Извођач има интерес различит од инвеститора у смислу да пројектом обезбједи технички адекватна рјешења уз најмању цијену коштања. Ове уштеде требају бити прије свега у оквиру свих елемената и садржаја идејног пројекта, у домену рационализације ријешења како уштеда не би била предмет посебног одобрења инвеститора. Према општим условима уговорних докумената садржаних у ,, FIDIC-u“ измјене које су одобрене од стране инвеститора, а имају за посљедицу смањење тошкова градње, подлијежу финансијској анализи.

Нето износ остварених уштеда дијели се између извођача и инвеститора на једнаке дијелове. Интерес извођача у оваквим ситуацијама најбоље остварују искусни инжењери разних специјалности који добро познају могућности и потребе извођача. Ова група или одјељење за управљање пројектовањем може и пожељно је да буде дио техничке групе компаније, а не управљачке структуре пројекта. Компанија треба овакво одјељење стално и за анализу свих пројеката које изводи или учествује у процесу нуђења за извођење. Није занемарив ни сегмент уштеда на пројекту, настао као посљедица измјена које захтијевају одобрење инвеститора. Ови износи могу бити значајни тако да се извођачу исплатити труд на доказивању погодности за инвеститора и прибављање његове сагласности на измјене у пројекту који је основа за израду детаљног пројекта за извођење. Најбитније је доказивање смањења трошкова на одржавању дионице кроз вријеме експлоатације. Ово је највећи интерес инвеститора који заступа интерес државе.

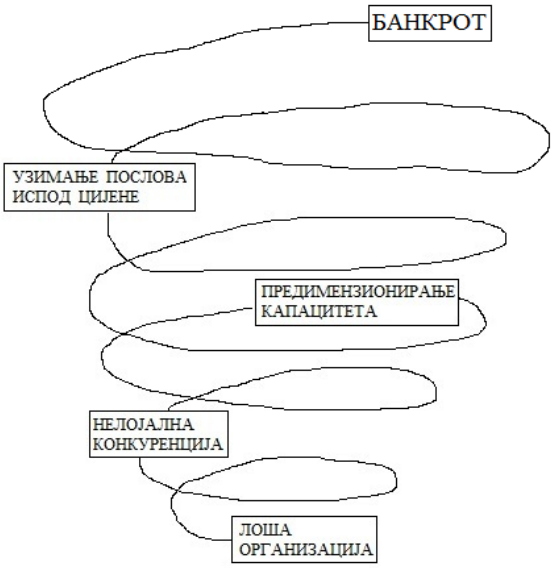
Због непотпуног сагледавања улазних параметара код израде идејног пројекта могуће је да се десе одређене грешке које знатно утичу на коначна ријешења. Прије свега потребно је преконтролисати тачност геодетских подлога, хидролошке подлоге, те направити опсежна геомеханичка истраживања. Ово је изузетно важан посао, јер може постати основа за накнадна потраживања од инвеститора, поготово из разлога рада по принципу „ПРОЈЕКТУЈ И ГРАДИ“, гдје су могућности испостављања ових захтијева сведена на минимум, јер је одговорност пребачена на извођача.

5. ОПАСНОСТИ ЗА КОМПАНИЈЕ РЕГИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА

Домаће компаније које су стасале да се носе са међународном конкуренцијом, а налазе се у већинском власништву домаћих предузетника, изложене су због неискуства, опасностима које се могу подијелити на:

- опасности од нелојалне конкуренције
- опасности од предимензионирања
- опасности од прецијењивања могућности (узимање послова испод цијене).

Кад израсту у компанију која се равноправно такмичи на регионалном тржишту постају предмет интереса страних моћних компанија. Интересовање почиње од момента када изгубе неки посао од дотада „ мале“ компаније, аутсајдера. Почиње изучавање, шпијунирање, подривање таквих компанија. Све ово је нормално у пословном свијету. Питање је колико су наше компаније спремне да се одупру оваквим активностима. Мислим да нису спремне, што због неискуства и неприпремљености на овакве послове, са једне стране, са друге, тешко се одупирати далеко искуснијим, моћнијим и опремљенијим у овом дијелу пословања. Неопходно је на више нивоа заштити податке и сузити круг особа којима су доступни.
Најтеже се одупријети лобирању страних компанија код кредитора, чијим капиталом се граде аутопутеви. Ово се у крајњем сведе на пооштравање тендерских услова за испуњавање подобности за учешће, подношење техничке понуде. Настојање да се испуне, сваки пут виши захтијеви, иницира могућност уласка у нову пословну опасност. Тежња да се стално достиже нови ниво финансијских, техничких, искуствених и сл. могућности често гура неискусну компанију у нове инвестиције у различитим областима. Неријетко се без пуно размишљања почиње набављати нова механизација, опрема, почиње неконтролисано улагање у мања предузећа у регији.
Таква улагања требала би бити властито учешће или гаранција за кредитна или слична задужења са намјером набавке нове опреме, гаранција или механизације.
Губљењем једног или два посла на које се рачунало, механизација остаје неупослена и постаје терет кога треба отплаћивати. Задужења су велика, ануитети нису мали, а у великој конкуренцији могући профит је релно мален. На овај начин улази се у још већу опасност уласка у зачарани круг задужења и финансијских проблема. Почиње неконтролисано трчање за новим послом, послом који доноси на кратко вријеме свјеж новац којим се привремено рјешава нека финансијска обавеза. Једном ријечи, долази до прецијењивања властитих могућности, покушава се купити вријеме до добијања новог посла који би требао бити профитабилан. Овакви послови све теже долазе, јер је конкуренција све оштрија, а самим тим расположиви профит све мањи, могућност спасавања компаније на таквом послу реално и не постоји. Финансијски проблеми за компанију постају све већи, воде их до банкрота (сл.5) . Овакве примјере имамо у окружењу, банкрот великих предузећа у Словенији и Хрватској.
„SCT“ Љубљана, добија посао у Сарајеву на основу нереално ниске цијене и не завршава га, банкротира. Слична судбина десила се са „Конструктор“ Сплит или „Осијек Котекс“ који је на обилазници око Сарајева био нереално јефтинији од другопласиране компаније. У Републици Српској талијанска компанија ,,Vidoni'' из Удина повукла се из посла прије завршетка радова, годину дана касније банкротирала. На тендеру је била јефтинија од неколико домаћих компанија.



Слика 5.

5.1. Како избјећи ове опасности?

Добро организована и стручно вођена компанија унапријед димензионира властите капацитете према стварним могућностима и потребама. Улагања сваке врсте морају се добро и тачно израчунати, купју се само добро провјерена предузећа, руковођење у њима повјерава се провјереним кадровима, послови се не узимају по сваку цијену. Компанија формира минимално језгро властитих снага које су савршено оперативне, специјализоване, мобилне и кадровски оспособљење. Масовни радови у реализацији пројекта повјеравају се подизвођачима. То требају бити поуздани партнери који вас прате у појединим пословима. На тај начин многе ризике пребацујете на другога, а истовремено задржавате капацитет. Језгро властитих снага је сигурност да благовремено коригујете кашњења у динамици радова, да премостите кризне периоде кад имате проблеме са подизвођачем, кад је потребно реализовати високе захтијеве у погледу посебних позиција које траже високу стручност или посебан квалитет. Једноставно, то су снаге за посебне интервенције..
Најважнији посао у управљању пројектом је успостава адвекатног информационог система. Постоје разни системи обрађени у литератури али овдје није намјера упознавање са њима него указивање на њихову важност и потребу правилног одабира. Систем мора бити прилагођен врсти посла која се обавља, а и могућностима и профилу кадрова којима располажете у вођењу пројекта. Један податак морате имати у свако вријеме, тај податак је **колика је ДОБИТ** на вашем пројекту. Препоручујем путем награђивања према резултату, присилити све у ланцу да свакодневно воде своје обрачуне како би такође имали слику о „својој“ добити. Идеал треба бити да се од сваке механојединице направи „обрачунска“ јединица, а лице задужено за исту награђује према резултату те јединице.

6. МЈЕСТО И УЛОГА ЈАВНОГ ИНТЕРЕСА

6.1. Градња

Огледа се кроз следеће фазе при градњи аутопута:
- планирање
- контрола
- реализација
- одржавање
- едукација

Градња аутопута за сваку државу представља инвестицију највећег значаја. Грандиозност самог објекта који вишеструко мијења околину, начин кретања, радне навике, додводи нове инвеститоре, технологије, отвара нова радна мијеста, захтијева потпуну пажњу и контролу из више углова. Институције које заступају државни интерес, у даљем тексту зватћу га јавни интерес, су ресорна министарства и ЈП „Аутопутеви Републике Српске“.
Глобалном одлуком утвтрђују се путни правци који ће постати аутопутеви. Неколико фактора који утичу на избор путних праваца су:
1/ Регионално - геополитилки
2/ Економско социјални
3/ Саобраћајни
4/ Инвестиционе могућности

Након одређивања стратешких праваца доноси се одлука о редоследу изградње. Пресудан фактор за одабир приоритета је бројност саобраћаја. Ово не мора увијек бити пресудно, изузетак се може направити само ако се ради о правцу који повезивањем са аутопутем из региона, може вишеструко повећати број возила и уклопити се у међународну подјелу саобраћаја. Властити интереси не смију се подређивати туђим али не трба остати изолован.
Важана улога у заштити јавних интереса, појављује се и у преговорима са међународним кредиторима, кад се договарају услови за тендер за изградњу. Важно се изборити за услове који ће омогућити равноправно учешће домаћих компанија на тендерима. Намјера овог рада је да акценат, кад се говори о улози државе, стави на активности које утичу на услове пословања домаћих компанија. Врло је важно омогућити равноправно учешће на тендеру, само тада има реалну прилику да добије посао, што је и реално, обзиром да домаћа компанија има низ предности у односу на некога ко долази из иностранства.

Нешто је другачији положај иностраних компанија које на овим просторима већ раде и имају успостављену властиту инфраструктуру.

6.2. Одржавање

Након пуштања првих километара у саобраћај, појављује се потреба одржавања аутопута.
За некога ко нема никаквог искуства у одржавању оваквих саобраћајница, може се дати висока оцијена за прве двије сезоне овог посла. Посебно је задовољавајући ниво одржавања у зимским условима. Има у овом послу и недостатака које је потребно хитно одклонити. Безбједност учесника у саобраћају при одржавању је на врло ниском нивоу, осим зимског. Компанија која сада врши одржавање, безбедности својих радника и учесника у саобраћају мора неминовно посветити далеко већу пажњу. Недопустиво је истовремено одвијање саобраћаја и извођење радова у истој саобраћајној траци. Само стицајем срећних околности и због малог саобраћаја није било трагичних посљедица.
Мали саобраћај не може бити разлог за неодговорно понашање при одржавању. Средства за одржавање прикупљају се углавном из наплате путарине која се у Републици Српској још не наплаћује из неоправданих разлога. Непознати су разлози због којих извођачки пројекти нису уопште предвидјели наплатна мјеста на аутопуту Градишка – Бањалука.
Нисам сигуран да се већ у почетку посвећује довољна пажња другом сегменту по важности, након одржавања, а то је евидентирање и припрема за обраду, података о понашању појединих техничких ријешења у експлоатацији. База оваквих података, у наредном периоду, треба бити пресудан параметар за постављање пројектног задатка за пројектовање неке наредне дионице аутопута. Драгоцијена су искуства из регије и на њих се треба ослањати али само док немате властита. Ово је неопходно, јер из разлога што су локални услови експлоатације пута само ваши, микроклиматски услови који су од значајног утицаја само су ваши, а по логици ствари и главнина уграђеног материјала је локалног поријекла па је и то врло важно.
Понашање коловозне конструкције највише утиче на трошкове одржавања. Пројектовање коловозне конструкције зависно је од захтијеваног вијека трајања, односно од одлуке колико дуго намјеравамо одложити почетак инвестиционог одржавања. Осим овога параметра битно утиче и саобраћајно оптерећење, а затим и прилагођеност одабраних материјала микроклиматским условима. Прилагођеност техничким захтијевима и стандардима се подразумијева, али познато је да се исти материјал у времену не понаша једнако на различитим просторима иако је изложен истом саобраћајном оптерећењу. Различите резултате имамо у регији код истих техничких ријешења. У Хрватској се исто ријешење за разлику од Словеније показало одлично, са безначајним трошковима одржавања. Због оваквих ствари и због смањења трошкова одржавања у будућности, кад буде мрежа аутопутева далеко већа, неопходно је одмах почети стварање властите базе података.
Анализу ових података морају радити тимови инжењера различитих специјалности, колико знам, данас то не постоји у ЈП „Аутопутеви Републике Српске“. Озбиљан инвеститор мора рећи „ово ријешење не желим на мом аутопуту“, или „на овом ријешењу инсистирам“.

6.3. Укључивање у међународне послове

Друга важна тачка, на којој држава треба да покаже интерес, је давање разних гаранција инвеститору, након добијања посла. Домаћим компанијама ово је огроман терет и често ограничавајући фактор за наставак пословања. Постоји, као што знамо, више гаранција које треба обезбедити, почев од оне прве „за валидност понуде“ преко гаранције „за аванс“ па до оне „за добро извршење“.
Апсурдно је да након добијеног посла и обезбеђења гаранција за тај посао, домаћа компанија долази у позицију да тешко може прибавити наредну гаранцију за учешће на тендеру. Проценти износе 10 %, по неколико основа издате гаранције, траже осигурање од неколико десетина милиона еура. Проблем је и дуго трајање ослобађања неких врста гаранција. Кад се говори о овом проблему треба имати на уму и следеће чињенице. Амбијент у којем послују домаће компаније оптерећен је незнањем, политизацијом потпуно пословних одлука, сложеном и нефункционалном државом која је спора и незаинтересована за оно што се догађа у Републици Српској. Неке надлежности које имају утицаја на пословање у оваквим међународним пословима припадају у надлежност БиХ. Важна чињеница је и непостојање снажне домаће банке, која би пратила под повољнијим условима, пословање домаћих компанија.
У јавности преовладава утисак о развијеној корупцији на свим нивоима, па би свака интервенција државног органа у корист домаће компаније, а све су приватне, била дочекана на нож. Неопходно је

уложити много труда како би се такав утисак промијенио.На проблему корупције мора се ангажовати шира друштвена заједница, а државне институције све послове овакве врсте требају учинити јавним и податке доступне заинтересованим странама.Мислим да би на овај начин били створени услови да се и у нашој средини почне са реализацијом оваквих оправданих активности по јавне интересе.
Није непознато у развијеним државама свијета да по потреби интервенишу директно или путем банака да помогну домаће компаније кад процијене да може бити угрожен јавни интерес. Познато је да држава Аустрија обезбеђује својим истакнутим компанијама гаранције за међународне послове, путем пословних банака, тако што се она појављује као гарант код банака.
Постоје методе и инструменти којима се држава ефикасно штити од злоупотребе исказаног повјерења.
Немамо потребе измишљати „топлу воду“ , треба само примјенити у властитој средини оно што други већ користе.

6.4. Разлози због чега треба помоћи домаће компаније

Кратко речено, помоћу домаћих компанија које се баве овим пословима, може се:
- повећати производња
- смањити незапосленост
- повећати извоз
- смањити ванјски дуг

Градња аутопутева подразумијева велике радове. Такви радови захтијевају ангажовање много радне снаге, или директно на радилишту или индиректно у производњи материјала, односно вршења пратећих услуга.
Чињеница да се у времену глобалне кризе, на нашим просторима, одвијају велики радови на градњи аутопутева, даје прилику за запошљавање великог броја радне снаге. Након огласа за пријем у радни однос, види се да је далеко већа потражња од понуде. Тренд избјегавања образовања за занатска занимања уопште, није заобишао ни грађевинарство. Стално се прича о великој незапослености и са правом указује на чињеницу која представља велики проблем за свако друштво. Овај проблем не ријешава се на нивоу учесника у реализацији грађевинских пројеката. Ријешење проблема незапослености,односно незаинтересованости за занатска занимања захтијева шире сагледавање овог друштвеног проблема. Јавни интерес је и питање незапослености, поготово ако се не користе могућности које су реалне.
Не заинтересованост друштвене заједнице за догађања у образовању, правда се од стране политичара, слободом избора занимања. Нико не оспорава право слободног избора занимања, али поставља се питање зашто се из државног буџета омогућава повољно образовање непотребних кадрова. Зашто се не ограничи или на неко вријеме одложи, упис за занимања која никоме не требају. Не утрошени новац на ово образовање треба утрошити на стимулисање и промоцију образовања за занимања која су тражена, не само код нас него и у регији.
Код образовања високо стручних кадрова ситуација је нешто повољнија ако говоримо о броју коме је омогућено образовање у области грађевинарства. Проблеми су овдје друге природе, то је квалитет образовања, односно критеријум који одређује шта је задовољавајуће знање. Истина, критеријум је проблем који се протеже од основног образовања, али не знање у овом занимању може имати катастрофалне последице по јавни, друштвени интерес. Допуштање да се звање Високо образованог стручњака стиче само упорношћу, а да исти након стеченог звања не разликује ни елементарне ствари из техничке културе или образовања, враћа се као бумеранг друштву које то допушта.
Образовање за занатска занимања из области грађевинарства пружа огромне могућности за запошљавање. Мањак занатлија из ове области евидентан је и у Европској регији. Традиција добрих градитеља са ових простора лагано се гаси управо из ових разлога. Развојем савремених материјала, прибора, алата и пратеће опреме и механизације нечини ова занимања физички тешким као некада. Велика шанса за запослење у овој области не користи се а тиме ни шанса да временом престанемо бити само корисници кредитних средстава.

7. ЗАКЉУЧАК

Крајње је вријеме да се покрене широка друштвена акција која ће младима отворити очи и усмјерити их на занимања са којима лако добијају посао и почињу живјети од властитог рада. Запослење наших

младих људи, па било то и у иностраним компанијама, један је од највећих друштвених, јавних интереса. Мора се направити напор да се прије свега у образовању покрену промјене. Посједујемо традицију, то није довољно, од славе се не живи, задњи је час да кроз промјене у образовању покренемо или вратимо ствари на пут који гарантује друштвене промјене према изласку из кризе.
Друга ствар коју би политика требала покушати урадити, је посредовање и помоћ у превазилажењу административних препрека, ако би дошло до неког облика организовања за заједнички наступ на међународном тржишту градње аутопутева. Није релно очекивати да политика може одлучити, али може помоћи у превазилажењу тешкоћа које политика направи. У оваквим активностима државних институција нема ништа лоше, то раде моћне и развијене дрзаве из Европске Уније, Јужне Кореје, Велике Британије, САД-а. Сви настоје помоћи својој привреди, зашто би то нама било забрањено? Проблем је и у власницима наших компанија који се не могу или не желе договорити о заједничком наступу. Разлог је лоша организација унутар тих компанија, јер не могу успоставити поуздану контролу пословања, а онда немају податке на основу којих одлучују. Држава ту неможе и не треба учествовати, али може покушати помоћи успоставом контакта, помоћи при добијању гаранција, пружањем логистике у страним државама, и сл. Ово чини само за оне који желе да заједно раде.
Знање које је све оскудније због урушавања образовног сиистема, једини је начин да се крене путем излаза из кризе.Хитно је потребно реформисати систем образовања, активном кампањом утицати на свијест младих људи да почну образовање за занатска занимања.Грађевинарство је привредна грана која међу првима осјети последице кризе, али је такође привредна грана помоћу које се брзо излази из кризе,јер директно и индиректно запошљава велики број радника.Због евидентног јавног интереса држава неможе и не смије остати незаинтересовано и по страни као до сада.

Захвале

Захваљујем се мојој породици, а посебно сину Вукашину, студенту Грађевинског факултета у Б.Луци за помоћ у техничкој обради и припреми текста.

Литература

|[1] др Жељко Поповић дип.инг.гр. publication, Parsons Brinckerhoff

[2] Б.Вукмир В.Скендеровић: Концесије и уговарања пројеката, Загреб, 1999.год.

[3] Тривунић М., Држић Ј., Матијевић З.: „Моделирање процеса грађења“, Факултет техничких наука Института за грађевинарство, Нови Сад, 2005, скрипта

STABILIZATION OF A DEEP CUTTING ALONG THE HIGHWAY A63 KEISERSLAUTERN – MAINZ, GERMANY, WITH A FLEXIBLE SLOPE STABILIZATION SYSTEM

Vjekoslav Budimir1 Civ. Eng. Bsc
Geobrugg AG Predstavnistvo u RH, Cvjetkova 63A, 31000 Osijek, Hrvatska
vjekoslav.budimir@geobrugg.com, www.geobrugg.com

Volker Leonhardt2, Geographer MSc
GEOBRUGG AG, Geohazard Solutions, Aachstrasse 11, 8590 Romanshorn, Switzerland
volker.leonhardt@geobrugg.com , www.geobrugg.com

Armin Roduner3, Civ. Eng. MSc
GEOBRUGG AG, Geohazard solutions, Aachstrasse 11, 8590 Romanshorn, Switzerland,
armin.roduner@geobrugg.com, www.geobrugg.

ABSTRACT: *Flexible slope stabilization systems made from wire meshes in combination with nailing are widely used in practice to stabilize soil and rock slopes. They are economical solutions and a good alternative to measures based on rigid concrete liner walls or massive supporting structures. Apart from designs using conventional steel wire, meshes from high-tensile steel wire are now also available on the market. The latter can absorb substantially higher forces and transfer them onto the nailing. Special concepts have been developed for the dimensioning of flexible surface stabilization systems for use on steep slopes in more or less homogeneous soil or heavily weathered loosened rock, but also on fissured and layered rock in which the bodies liable to break out are determined by fissure and layer surfaces. Stabilizations implemented in soil and rock, with and without vegetated face, confirm that these measures are suitable for practical application.*

Along the highway A63 from Kaiserslautern to Mainz, Germany, a cutting was made in mottled sandstone prone to weathering. This cutting is up to 35 m deep on the northern and 15 m on the southern side. The inclination of the slope is generally 45° and flattens off slightly towards the top edge of the slope. Transverse to the slope surface there are several fissures going right across, of a width of up to several cm. Relaxation processes in the form of removal of rock masses at the front led to a tremendous loosening of the rock compound with the result that the tectonic-based fissure systems were visibly activated. Approx. 2 years after the excavation the slopes revealed to be unstable and required subsequent protection measures.

As a protective measure the slope stabilization system TECCO® was selected. It was dimensioned on the one hand against superficial instabilities. On the other hand, the global stability was investigated according to the sliding-block method. Individual wedge-shaped bodies susceptible to break out were analysed varying distances between fissures and fissure gradients, in order to dimension the nailing and to determine the minimum required nail lengths. Besides information regarding design as well as practical application, the geotechnical situation is going to be analysed with the aim to sensitize engineers accordingly.



Highway A63 from Kaiserslautern to Mainz, Germany: Stabilization of a cutting in mottled, fissured unstable sandstone prone to weathering

Key words: *slope, stabilization, flexible, cutting, high tensile mesh, surface stabilisation*

1. INTRODUCTION

Flexible slope stabilization systems made from steel wire meshes in combination with nailing are widely used in practice to stabilize soil and rock slopes. They are economical solutions and a good alternative to measures based on rigid concrete liner walls or massive supporting structures. Apart from designs using

conventional steel wire, meshes from high-tensile steel wire are now also available on the market. The latter can absorb substantially higher forces and transfer them onto the nailing. Special concepts have been developed for the dimensioning of flexible surface stabilization systems for use on steep slopes in more or less homogeneous soil or heavily weathered loosened rock, but also on fissured and layered rock in which the bodies liable to break out are determined by fissure and layer surfaces. Stabilizations implemented in soil and rock, with and without vegetated face, confirm that these measures are suitable for practical application.

2. PROJECT

Along the highway A63 from Kaiserslautern to Mainz, Germany, a cutting was made in mottled variegated sandstone prone to weathering. This cutting is up to 30 m deep on the northern and 15 m on the southern side with a total area to be stabilized of 31'400 m^2. The inclination of the slope is generally 45° and flattens off slightly towards the top edge of the slope. The altitude amounts to about 220 m a.s.l. Transverse to the slope surface there are several fissures going right across, of a width of up to several cm. Relaxation processes in the form of removal of rock masses at the front led to a tremendous loosening of the rock compound with the result that the tectonic-based fissure systems were visibly activated. Approx. 2 years after the excavation the slopes revealed to be unstable and required subsequent protection measures. Table 1 shows the parties involved.



Figure 1: Situation before stabilizing



Figure 2: Wedge-shaped failure due to relaxation

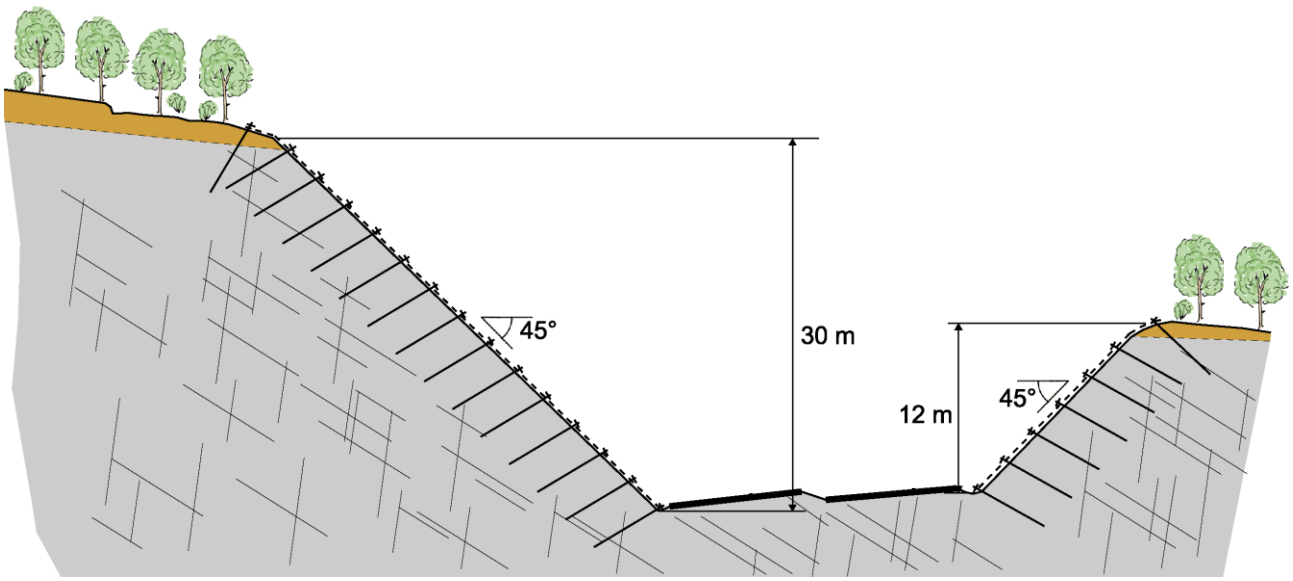


Figure 3: Cross-section including protection measure

Table 1. Parties involved

Client:	Land Works for Roads and Traffic, Kaiserslautern, Germany
Geology:	Regional Office for Geology and Mining Rheinland-Pfalz, Eng.-Geol. Department, Mainz, Germany
Engineering:	Rüegger Systems Ltd, St. Gallen, Switzerland
Nailing and system installation:	Consortium: Schmitt GmbH, Garden and Landscape GmbH, Mandelbachtal, Germany & Landeck GmbH, Rock Protection, Würzburg, Germany
Date of installation:	June – September 2003

3. PROTECTION MEASURE

As a protective measure the slope stabilization system TECCO® was selected consisting of the high-tensile steel wire mesh TECCO® G65 / 3 mm with a minimum yield strength of the steel wire of f_y = 1'770 N/mm^2, system spike plates and an adequate nailing. The use of steel wire meshes, wire as well as spiral rope nets as a flexible surface stabilization measure has proved its suitability in numerous cases all over the world. The open structure of the meshes, furthermore, permits to realize a full-surface vegetation face. In most cases, wire meshes based on a tensile strength of the individual wires of about 450 - 500 N/mm^2 are used for surface stabilization purposes. If an economical spacing of the nails is aimed at, these simple meshes are often unable to absorb the occurring forces and to transmit them onto the nails.

The development of a wire mesh made from high-tensile steel wire offers new possibilities for an efficient and economical slope stabilization. Sophisticated dimensioning concepts serve to dimension these kinds of slope stabilization systems against superficial instabilities considering the statics of soil and rock. Basic requirement thereby is that the stabilization system consists of a flexible mesh cover with the possibility of variable nail arrangement.



Figure 4: The TECCO® slope stabilization system



Figure 5: Adaptability to the slope geometry

The high-tensile steel wire mesh TECCO® is made from a steel wire of 3 mm diameter which has an aluminium-zinc coating for improved corrosion protection with a minimum coating thickness of 150 g/m^2 at least. The diamond-shaped meshes measuring 83 mm · 143 mm are produced by single twisting. It provides a tensile strength of 150 kN/m. This value represents a minimum guaranteed bearing capacity. Its three-dimensional structure causes an optimal force transmission from the subsoil to the mesh on the one hand and advantageous prerequisites for the fixation of sprayed-on greening on the other hand. In comparison with wire meshes traditionally available on the market with comparable mesh size and similar wire diameter, this high-tensile steel wire mesh with its special properties is able to absorb and to transmit approx. three times higher forces.

Special diamond-shaped system spike plates matching the mesh serve to fix the mesh to soil or rock. Thereby, the system allows a considerable pretensioning of the mesh against the subsoil.

4. DIMENSIONING

The nailing as well as the flexible mesh cover were dimensioned on the one hand against superficial instabilities considering various individual wedge-shaped bodies susceptible to break out up to a depth of 4.5 m and of a width of up to 10 m varying distances between fissures as well as based on the RUVOLUM® concept. On the other hand, the global stability was investigated according to the sliding-block method. As a result of the dimensioning, the maximum admissible nail spacing as well as the nail length minimum required were determined.

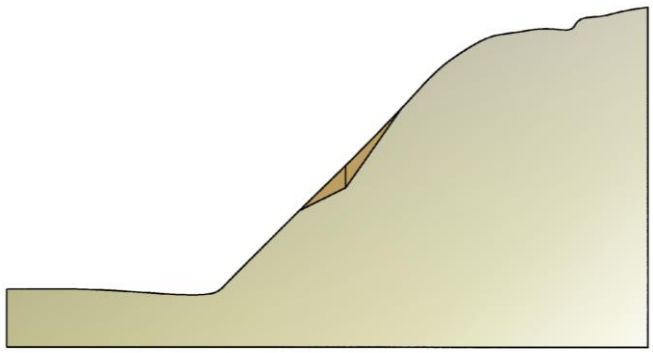


Figure 6: Analysis of specific wedge-shaped failures

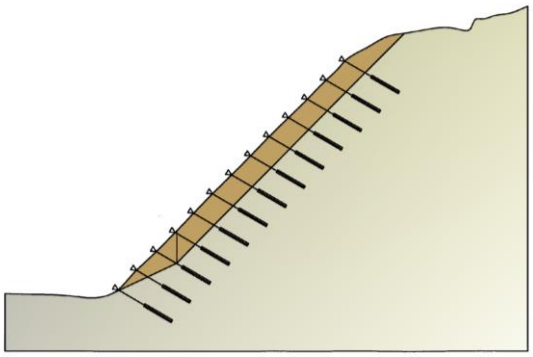


Figure 7: Investigation of the overall stability

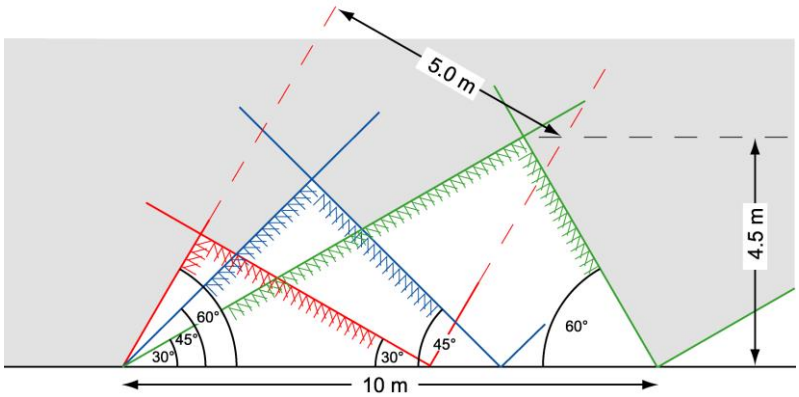


Figure 8: Investigation of individual wedge-shaped failures

Table 2. Protection measure as a result of the dimensioning

Geotechnical parameters of the superficial subsoil (along fissures)			
Friction angle (characteristic value)	φ_k	= 35	degrees
Cohesion (characteristic value)	c_k	= 0	kN/m²
Volume weight (characteristic value)	γ_k	= 23	kN/m³
Nail type:	GEWI D = 32 mm		
Nail pattern:	3.4 x 3.4 m		
Nail length:	L = 6.0 – 8.0 m		
Mesh type:	high-tensile steel wire mesh TECCO® G65 / 3 mm		
Spike plate:	TECCO® system spike plate		

5. INSTALLATION

Due to the fact that the new built highway could be used as a very comfortable access without any restrictions and taking into account that the summer 2003 was extraordinary dry, the installation of both sections of a total area to be stabilized of 31'400 m^2 took about three and a half month only!



Figure 9: South-eastern slope: drilling work



Figure 10: Drilling work using mobile cranes



Figure 11: North-western slope



Figure 12: Stabilized slope

As a base for the determination of the required nail length as well as to guarantee the quality of the fully mortared nails, numerous pulling test were carried out (Figure 13).

To guarantee a full force transmission from one steel wire mesh panel to the neighbour one, special compression claws were used in accordance to the system suppliers instructions.

To avoid any further erosion, a hydro seeding adapted to the local condition needed to be applied as well. Thereby, the consideration of the regional micro climate was a very important factor for the selection of the seed to be applied.



Figure 13: Pulling tests

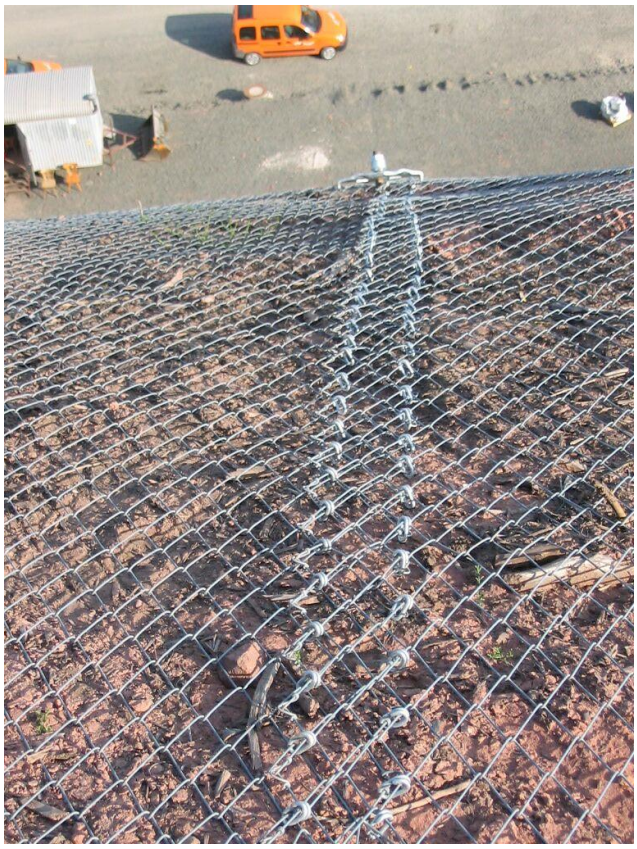


Figure 14: Connection of mesh panels



Figure 15: Actual state of the stabilized slope



Figure 16: Actual state of the north-western slope

6. CONCLUSION

The TECCO® slope stabilization system can be adapted to the site specific and static conditions in an optimal manner. It offers the possibility to arrange the nails in an economical way due to the capability of absorbing and transferring of high loads. Unlike stabilization with concrete solutions, with TECCO® stabilized slopes regain a natural green appearance, which is well appreciated and more pleasant to the eye.

Designed to be maintenance free, the slope will further grow into the surrounding landscape and contribute to a safe and economical operation of the highway. Numerous applications have proven that the fully designable

TECCO® system can ideally combine slope stabilization with revegetation measures tailored to the actual climatic and environmental conditions.

Based on the analyses of wedge-shaped failure mechanism as well as on the RUVOLUM® concept, the TECCO® system could be properly dimensioned against superficial instabilities.

References

[1] Landslides, Investigation and Mitigation, Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, D. C. 1996

[2] Rüegger, R.; Flum, D.; Haller, B.: Hochfeste Geflechte aus Stahldraht für die Oberflächensicherung in Kombination mit Vernagelungen und Verankerungen. Technische Akademie Esslingen, Beitrag für 2. Kolloquium „Bauen in Boden und Fels“, Januar 2000

[3] Wittke, W.; Erichsen, C.: Standsicherheitsuntersuchungen auf der Grundlage der Mechanik starrer Körper. Grundbau-Taschenbuch, Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 6. Auflage, Januar 2001

[4] Kühne, M.; Einstein, H. H.; Krauter, E.; Klapperich, H.; Pöttler, R.: International Conference on Landslides, Causes, Impacts and Countermeasures. Davos, Switzerland, 17 – 21 June 2001

[5] Rüegger, R.; Flum, D.: Slope Stabilization with High-performance Steel Wire Meshes in Combination with Nails and Anchors. Int. Symposium, Earth Reinforcement, IS Kyushu, Fukuoka, Japan, November 14-16, 2001

[6] Dr. P. Brändlein, LGA Nuremberg, Germany, Monitoring and supervision of laboratory testing of the TECCO® slope stabilization system, Test report BPI 0400046/1, 2004.

[7] Rüegger, R.; Flum, D.: Anforderungen an flexible Böschungsstabilisierungssysteme bei der Anwendung in Boden und Fels. Technische Akademie Esslingen, Beitrag für 4. Kolloquium „Bauen in Boden und Fels“, Januar 2006

KORIŠĆENJE SMART TELEFONA I GOOGLE EARTH KAO SREDSTVA ZA PRAĆENJE RADOVA NA TERENU

Milena Perić[1]

Rezime: *Dostupnost smartphone uređaja u 21. veku inženjerima je pružila mogućnost da u rukama drže močnu tehnologije. Ovaj rad opisuje inovativnu upotrebu smart tehnologije, koja uz korišćenje programa Google Earth, može da eliminiše nekoliko teškoća sa kojima se inženjeri susreću na terenu. Kao prvi problem koji se obrađuje u ovom radu je fizička orijentacija na terenu a kao primer uzet je projekat izvođenja autoputa. U radu se opisuje kako se AutoCAD crteži trase prenose u fajlove za Google Earth i koji se kao takvi mogu koristiti kao podloga za GPS lokacijskih mogućnosti smart tehnologije. Sledeći problem na linijskom projektu, kao što je autoput, je velika dužina trase i dugačak rok izvođenja. Ovaj rad prikazuje kako Google Earth i korišćenje smart telefona na terenu omogućava brz i sažet pregled velike količine informacija i praćenje kako se te informacije menjaju u prostoru i vremenu.*

Ključne reči: *smart tehnologija, Google Earth, teren, GPS, praćenje u vremenu i prostoru.*

1. UVOD

Tokom izgradnje putnih Koridora Xc i Xd, Konzorcijuma Ove Arup & Partners International Ltd. i Institut Kirilo Savić je naimenovana za Konsultanta za nadzor plana upravljanja životnom sredinom (Environmental Management Plan Supervision Consultant (EMPSC)). Ta funkcija podrazumeva vršenje nadzora implementacije mera za zaštitu životne sredine pri izgradnji 150 km autoputa.

Kako bi ispunio svoj zadatak, EMPSC fotografiše odgovarajuću implementaciju mera za zaštitu životne sredine i sporna pitanja u vezi sa životnom sredinom, gde je neophodno preduzimanje mera za umanjenje negativnog uticaja. Primer ove prakse je deonica od Vladičinog Hana do Donjeg Neradovca koja iznosi 26 km, gde tokom detaljne inspekcije gradilišta u proseku se uradi preko 100 fotografija. Dakle, u kratkom periodu formirana je velika količina fotografskog materijala. Ovaj rad pokazuje na koji način smart tehnologije i Google Earth (GE) platforma mogu da se upotrebe za maksimalnu iskorišćenost ovih podataka, za omogućavanje pregleda svih pitanja a i čuvanje podataka o svakom od njih.

U radu su prvo kratko prikazane osnove koordinatnih sistema i pojedine mogućnosti Google Earth-a. Nakon toga, opisan je način na koji su delovi trase autoputa i podaci o katastarskim parcelama prebačeni u sadržaj koji se pregleda na GE platformi. U produžetku ovog rada opisan je način na koji smartphone uređaj određuje vašu lokaciju u realnom vremenu, što omogućava geografsko označavanje (geotag) fotografija ili obezbeđuje navigaciju u nepoznatom gradu.

U poslednja dva poglavlja pokazano je kako fotografski podaci dobijeni pomoću smartphone uređaja mogu da se koriste za praćenje problema u vremenu i prostoru u okviru Google Earth-a.

2. KOORDINATNI SISTEMI

Premda smo svesni činjenice da Zemlja nije ravna, često je predstavljamo kao sfernu površinu. U suštini, najpreciznija aproksimacija analitičkog oblika zemlje je elipsoid, koji rotira oko svoje male ose ([1], [2]). Postoji nekoliko načina prikazivanja određenog mesta na tom elipsoidu. U nastavku teksta razmatrane su Global Positioning System (GPS) koordinate i kartografske projekcije.

2.1 GPS koordinate

GPS koordinate mogu da se prikažu kao trodimenzionalne (3D) jer određuju položaj tačke na površini elipsoidne Zemlje. Taj položaj se definiše pomoću geografske širine i geografske dužine i izražava se u stepenima. Širina označava položaj tačke severno i južno od ekvatorijalne ravni (0°), dok dužina označava njen položaj istočno i zapadno od Griničkog meridijana.

[1]Autor zadužen za korespodenciju: milena.peric@asmecbg.com, milena.peric@arup.com

GPS koordinate, tj. širina i dužina, mogu da se izraze kao decimalni stepeni ili stepeni, minuti i sekundi. Vrednosti decimalnih stepeni se kreću u rasponu od -90° do 90° za geografsku širinu i od -180° do 180° za geografsku dužinu; negativne vrednosti geografske širine važe za južnu hemisferu, dok negativne vrednosti dužine pokrivaju zonu zapadno od Griničkog meridijana. Za razliku od njih, stepeni, minuti i sekundi imaju isključivo pozitivne vrednosti. Stoga se, posle određene vrednosti geografske širine obavezno navodi N (severno) ili S (južno), dok se iza geografske dužine navodi E (istočno) ili W (zapadno). U Tabeli 1 prikazana je konverzija decimalnih stepeni i stepeni, minuti i sekundi [3].

Tabela 1: *Konverzija decimalnih i heksadecimalnih stepeni*

Decimalni stepeni		**Stepeni, minuti i sekundi**	
Širina	**Dužina**	**Širina**	**Dužina**
0 to 90	0 to 180	0 to 90 **N**	0 to 180 **E**
0 to 90	-180 to 0	0 to 90 **N**	0 to 180 **W**
-90 to 0	0 to 180	0 to 90 **S**	0 to 180 **E**
-90 to 0	-180 to 0	0 to 90 **S**	0 to 180 **W**

Izvor: http://www.gps-coordinates.net/gps-coordinate-system

Treba istaći da stepeni mogu da predstavljaju rastojanje u metrima. Obim Zemlje na ekvatoru iznosi 40,075,161.2m, što odgovara vrednosti od 360° geografske dužine. Ista vrednost dužine važi i za zone ka polovima u kojima se obim Zemlje smanjuje. Stoga se vrednost stepeni geografske dužine u metrima menja na različitim geografskim širinama. Na Tabeli 2 prikazana je rastojanje u metrima koja odgovara različitim decimalnim delovima stepena geografske dužine za četiri date vrednosti geografske širine: 0° (ekvator), 23° severno i južno (N/S), 45° N/S i 67° N/S [4].

Tabela 2: *Odnos između rastojanja u metrima i variranje značajnih vrednosti decimalnih stepeni na četiri vrednosti geografske širine*

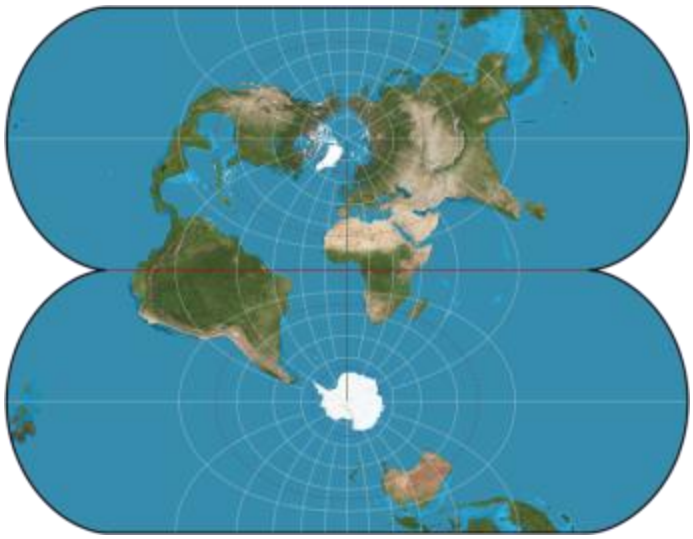
Stepen geografske dužine [°]	**Rastojanje [m]**			
	na 0° N/S	**na 23° N/S**	**na 45° N/S**	**na 67° N/S**
1.0	111,319.46	102,522.50	78,846.81	43,619.86
0.1	11,131.95	10,252.25	7,884.68	4,361.99
0.01	1,113.19	1,025.23	788.47	436.20
0.001	111.32	102.52	78.85	43.62
0.0001	11.13	10.25	7.88	4.36
0.00001	1.11	1.03	0.79	0.44
0.000001	0.11	0.10	0.08	0.04

Na Tabeli 2 uočavamo da je jedan stepen geografske dužine više nego dvostruko duži na ekvatoru nego na 67° N/S od ekvatora. Iz Tabele 2 se takođe vidi da stepen geografske dužine treba prikazati sa 5 decimalnih mesta da bi približno odgovarao 1 metru na svim geografskim širinama. Sve u svemu, Tabela 2 nam pokazuje koliko je veoma komplikovano raditi kada se Zemlja uzima kao elipsoid.

2.2 Kartografske projekcije

Za jednostavniji prikaz Zemlje koriste se kartografske projekcije pomoću kojih se sferne i elipsoidne površi pretvaraju u ravne površi. Postoji više različitih vrsta kartografskih projekcija.

“World Coordinate” sistem koji se koristi u Srbiji primenjuje Gaus-Kriger-ovu projekciju [5]. Pomoću nje se elipsoidna površina preslikava na cilindar. Cilindar dodiruje elipsoid duž meridijana, a potom se preseca i razvija u ravan, kao što je prikazano na Slici 1. Stoga se linije koje predstavljaju dužinu skupljaju ka centralnom meridijanu da bi pod pravilnim uglom presecale linije koje predstavljaju širinu [1].

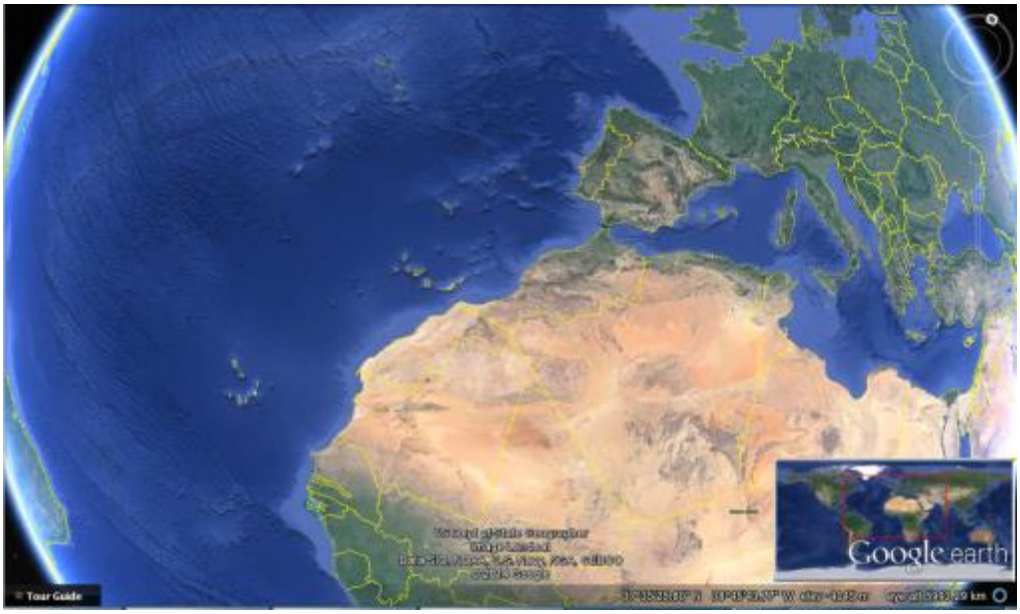


Slika 1: *Gaus-Kriger-ova projekcija Zemlje – centralni meridijan: Grinički meridijan*
Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/File:MercTranEll.png

Na dvodimenzionalnom (2D) ili planarnom prikazu Zemlje na Slici 1, lokacija tačke ili njene koordinate (World Coordinates) izražene su u metrima. U svakom slučaju, World Coordinates se mogu konvertovati u GPS koordinate definisanjem nekoliko parametara i podataka [5]. Takve transformacije se često vrše pomoću softvera, dok je za svrhe opisane u ovom radu korišćen konvertor tipa TatukGIS Coordinate Calculator [6].

3. MOGUĆNOSTI GOOGLE EARTH-A (GE)

Prilikom rada u Google Earth-u (GE), korisnik ne mora da bira između 3D i 2D zemlje. Na Slici 2 prikazano je kako Overview Map mogućnost u GE-u omogućava 3D projekciju na većem delu ekrana, dok se u donjem desnom uglu nalazi 2D mapa; gde granice širenja trenutne 3D projekcije obeležene su crvenim pravougaonikom.



Slika 2: *Prikaz iz GE-a sa 2D Overview Map-om u donjem desnom uglu i 3D projekcijom zeljem na većem delu ekrana*

Overview Map predstavlja samo jednu od mnogih mogućnosti GE-a, čiji se broj povećava iz dana u dan. Stoga su u Tabeli 3 prikazane samo mogućnosti koje su korišćene pri izradi ove studije.

Tabela 3: *Opis pojedinih mogućnosti GE-a*

Mogućnost u GE	Naziv mogućnosti u GE	Opis
	Add Placemark	Obeležiti željenu tačku
	Add Polygon	Osvetliti i odrediti oblast
	Add Path	Pratiti rutu
	Show Ruler	Merenje rastojanja (moguće je odrediti različite jedinice)
	Show historical imagery	Promena pozadine slike - biranje ranijeg ili kasnijeg datuma

GE može da prikaže državne granice, lokacije i nazive mesta, putne mreže, 3D prikaz građevina, bazu podataka fotografija iz raznih delova sveta, i dr.

Treba istaći da je pozadina slika u Google Earth-u snimljena sa satelita ili iz aviona. Kompanija Google se trudi da obezbedi da slike ne budu starije od tri godine, dok istorijski snimci datiraju iz 1940.-tih [7]. Rezolucija slika je 15 metara po pikselu.

Jedna od najvećih prednosti Google Earth-a je njegova dinamičnost. Možete povećavati određenu lokaciju, pa tako sa prikaza celog kontinenta možete da zumirate krov sopstvene kuće; možete da uključite i isključite putnu mrežu. Moguće je, na primer, pratiti tok Tibra kroz Rim, a potom kliknuti na sliku Fontane di Trevi. Ukratko, platforma GE-a vam omogućava da imate pregled širokog područja, ali da istovremeno sačuvate najsitnije detalje.

3.1 Keyhole Markup Language – .kml

Da bi se neki sadržaj u okviru GE-a personalizovao, željena mesta se mogu obeležiti dodavanjem Placemarks-a, zone se mogu osvetliti dodavanjem Polygons-a, dok se rute mogu pratiti pomoću Path-a. U svakom slučaju, Keyhole Markup Language omogućava korisnicima da kreiraju .kml fajlove koje GE prepozna i na ekranu prikaže kao geografski podaci [8].

Delovi Placemark-a u kml fajl su: određene GPS koordinate mesta na kojem se nalazi, ikonica koja će se pojaviti na ekranu, a pored nje i tekst. Kada se klikne na Placemark u okviru Google Earth-a, .kml takođe formuliše tekst koji će se pojaviti u opisu, kao i putanja za fotografiju koja će biti uneta.

.Kml fajl može da se obradi u bilo kojem programu za obradu teksta, poput Notepad++-a na primer. Kada se potom taj fajl otvori u Google Earth-u, sadržaji su prikazani kao geografski podaci. Ukoliko GE naiđe na greške, na ekranu će se pojaviti poruka za greške. Opis greške pomaže korisniku da unese neophodne izmene u .kml fajl u Notepad++-u pre ponovnog otvaranja fajla u GE-u.

3.2 Zipovan kml – .kmz

Kao što je gore navedeno, .kml fajl predstavlja niz instrukcija koje GE treba da protumači. Jedna od gore opisanih instrukcija je i putanja fotografije koja će biti uneta u opis Placemark-a. Te tako, ukoliko je .kml fajl poslata da je pregleda drugi korisnik, njihov GE verovatno neće biti u stanju da pronađe tu fotografiju.

Da bi se različitim korisnicima omogućilo da pregledaju iste geografske podatke u okviru GE-a, svi sadržaji uključeni u .kml instrukcije treba da budu ugrađeni u isti fajl – to je fajl koji se naziva .kmz fajl ili zipovan .kml. Jednostavnije rečeno, .kmz fajl je folder koji sadrži .kml fajl zajedno sa slikama i ikonicama koje se na nju odnose. Stoga je .kmz fajl veća od .kml fajl. Ipak, .kml fajl je zaseban fajl tako da isti sadržaj se može pregledati sa različitih uređaja, mreža, itd.

4. SADRŽAJ ZA GOOGLE EARTH

Dok GE raspolaže mnogim zanimljivim mogućnostima, .kml fajl omogućava korisniku da kreira personalizovanu kartu. U narednim poglavljima opisano je kako je moguće formirati trasu autoputa i na koji način se u nju mogu uneti podaci o katastarskim parcelama.

4.1 Prebacivanje trase autoputa iz AutoCAD-a u GE

4.1.1 Izdvajanje potrebnih podataka iz AutoCAD-a

Trasa autoputa se često prikazuje pomoću crteža u AutoCAD-u, koji je urađen u okviru World Coordinates. Taj crtež sadrži podatke o trasi autoputa (Main Carriage Way (MCW)), paralelnog puta i lokalnih puteva, drenažnu mrežu i regulacija reka; useke i nasipe; izohipse MCW-a i okolnog zemljišta; itd.

Jasno je da svi ovi podaci nisu potrebni za orijentisanje na terenu. Podaci konvertovani za Google Earth sadržaj uključuju centralne ose autoputa, paralelnog puta i lokalnih puteva, položaj zidova za zaštitu od buke i oblasti regulacija reka. Te linije se približno određuju – u proseku se prenose preko 10 tačaka po kilometru puta.

Osim toga, koordinate centralne ose objekata (poput mostova, cevovoda i pločastih propusta) se prenose kao tačke. Stacionaža (položaj duž trase autoputa) svih objekata se takođe izvade.

4.1.2 Prebacivanje koordinata

Koordinate tačaka, Position X i Position Y, treba da budu prebačene iz World Coordinates u GPS širinu i dužinu izraženu u decimalnim stepenima. Prebacivanje se vrši pomoću TatukGIS Coordinate Calculator-a [6]. Primer dobijenog rezultata je prikazan na Tabeli 4. Tabela sadrži podatke o Positions X i Y i o odgovarajućoj širini i dužini za početak i kraj potpornog zida (Retaining Wall (RW)) i za most (Bridge (B)) dužine 11.70 m.

Tabela 4: *Prebacivanje World Coordinates (Positions X i Y) iz AutoCAD-a u koordinate širine i dužine za Google Earth*

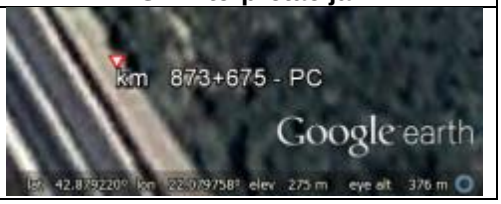
AutoCAD			Google Earth	
Podaci o objektu	**Position X**	**Position Y**	**Širina**	**Dužina**
KM 868+946.335 RW start	7585850.1344	4752382.7376	22.04615994	42.91094456
KM 868+980.775 RW end	7585874.9915	4752358.0412	22.04646055	42.91071947
km 868+991.00 B L=11.70m	7585871.1263	4752341.5485	22.04641071	42.91057146

4.1.3 Program za .kml

Kao što je prethodno opisano, Placemarks se koriste za obeležavanje željenih tačaka. Stoga se objekti iz AutoCAD-a prebacuju u GE kao Placemarks. Podaci dobijeni preko .kml-a za Placemark su lokacija, naziv i ikonica koja će se pojaviti na mestu date tačke.

Tabela 5: *Prikaz dela iz .kml programa i GE interpretacija za Placemark*

.kml instrukcije	GE interpretacija

`<Placemark>`
`  <name>km  873+675 - PC</name>`
`  <styleUrl>#red</styleUrl>`
`  <Point>`
`  <coordinates>22.08052799,42.87900921,0</coordinates>`
`  </Point>`
`</Placemark>`
	

U Tabeli 5 prikazane su .kml instrukcije za Placemark i slika koja ilustruje kako ih Google Earth protumači. Pri razmatranju .kml programa za Placemark u Tabeli 5, treba obratiti pažnju na sledeće. Pre svega, GE zahteva da GPS koordinate budu izražene u decimalnim stepenima. Zatim, GPS koordinata ima Z-vrednost od 0 (nula), što se tumači kao da je u nivou zemlje. Drugim rečima, vrednost Z koordinate je uzeta najpre kao relativna na nivo zemlje, iako se apsolutna Z-vrednost može specifikovati ukoliko je to potrebno.

Najzad, treba istaći da je white space (bela polja) u .kml-u beznačajan i da sedam reda instrukcija u Tabeli 5 mogu takođe da se napišu u jednom redu. Taj jedan red programa može da se generiše u Excel-u uz pomoć podataka iz Tabele 4. Formula u ćeliji Excel-a će biti definisana:

```
="<Placemark><name>"&H2&"</name><styleUrl>#red</styleUrl><Point><coordinates>"&F2&","&G2&
",0</coordinates></Point></Placemark>"
```

Pri čemu se H2 odnosi na ćeliju koja sadrži podatke o objektu (kolona 1 u Tabeli 4), F2 se odnosi na širinu (kolona 4 u Tabeli 4), a G2 se odnosi na dužinu (kolona 5 u Tabeli 4). Vrednost izračunata pomoću ove formule iznosi:

```
<Placemark><name>km   873+675 -
PC</name><styleUrl>#red</styleUrl><Point><coordinates>22.08052799,42.87900921,0</coordina
tes></Point></Placemark>
```

Za potrebe GE-a, gorenavedeno u potpunosti odgovara tekstu datom u koloni 1 Tabele 5. Ipak, tekst iz kolone 1 Tabele 5 je ljudima daleko lakše pročitati i shvatiti. Prednosti jednog reda programa je u tome što formule u Excel-u mogu da se povuku kroz niz ćelija. Na taj način se Placemark instrukcije za sve objekte formiraju pomoću jednog "click and drag"

Razmotrimo potom .kml instrukciju koja formira linije koje predstavljaju MCW, paralelne puteve, lokalne puteve, itd. Tabela 6 prikazuje deo .kml instrukcija za tri Paths ili linije i sliku koja ilustruje kako GE interpretira ovaj program.

Tabela 6: *Prikaz dela iz .kml programa i GE interpretacija za Path/Linestring*

.kml instrukcija	GE interpretacija
<Style id="motorway"> <LineStyle> <color>ff147800</color> <gx:physicalWidth>25.4</gx:physicalWidth> <gx:outerColor>8814F028</gx:outerColor> <gx:outerWidth>0.85</gx:outerWidth> </LineStyle> </Style> <Placemark><styleUrl>**#motorway**</styleUrl> <gx:drawOrder>2</gx:drawOrder> <LineString> <coordinates>22.0377084,42.91419158,4 22.03963624,42.91333945,4</coordinates> </LineString> </Placemark> <Placemark><styleUrl>**#local**</styleUrl> <LineString> <gx:drawOrder>0</gx:drawOrder> <coordinates>22.06401314,42.88566342,4 22.06423651,42.88576704,4</coordinates> </LineString> </Placemark> <Placemark><styleUrl>**#local**</styleUrl> <LineString> <gx:drawOrder>3</gx:drawOrder> <coordinates>22.06424217,42.88447769,4 22.06454713,42.88532385,4</coordinates> </LineString> </Placemark>	

Na slici u Tabeli 6 može se videti da postoje dve različite vrste linija – jedna zelena i dve ružičaste linije. Shodno tome, u okviru .kml instrukcija postoji jedan skup instrukcija koje koriste `<styleUrl>**#motorway**</styleUrl>` i dva skupa koji koriste `<styleUrl>**#local**</styleUrl>`.

Opis stila **`#motorway`** dat je na vrhu tabele ispod `<Style id="motorway">`. Tu su navedene njegova boja i fizička širina (u metrima – 25.4m). Nadalje su date instrukcije za različitiu spoljnu boju i za širinu spoljnog pojasa linije. To se reflektuje na slici, pri čemu se uočava da zelena linija ima tamniji centralni deo. Dok ukupna širina MCW-a iznosi 25.4 metra, desna i leva traka su široke po 10.7 metara a razdelna traka je široka 4 metra. Pomoću različito obojenog spoljašnjog pojasa (u odnosu 0.85 = 10.7*2/25.4), .kml instrukcije mogu da pokažu položaj desne trake, razdelne trake i leve trake korišćenjem samo podatke o centralnoj osi autoputa. Podrazumeva se da ako se desna i leva traka razilaze (kao što je slučaj u tunelu), moraju se uzeti u obzir zasebni podaci za desnu i za levu traku.

Drugi zanimljiv aspekt linija u .kml-u predstavlja `<gx:drawOrder>`. Slika u Tabeli 6 pokazuje gornji lokalni put (ružičasta linija) koji prolazi ispod autoputa (zelena linija), dok je donji lokalni put nadvožnjak – koji prolazi iznad autoputa. U .kml-u to se postiže podešavanjem `<gx:drawOrder>` na vrednost 2 za autoput, 0 (manje od 2) za gornji lokalni put i 3 (više od 2) za donji lokalni put.

4.2 Zemljišne parcele

Pri realizaciji projekta autoputa, Izvođač radova često privremeno koristi zone izvan trase autoputa – na primer za privremeno odlaganje zemljanog materijala. U takvim slučajevima, Izvođač radova sklapa ugovore za najam zemljišta sa lokalnim stanovništvom.

Lokacije zemljišnih parcela obezbeđuje Republički Geodetski Zavod, kojem se može pristupiti putem geoportala geoSrbija [9]. Pozicione koordinate određene zemljišne parcele mogu se direktno sa geoportala geoSrbija kopirati u GPS koordinatima. Te koordinate se potom mogu koristiti u .kml-u za specifikaciju zatvorene linije koja uokviruje predmetnu zemljišnu parcelu.

5. GOOGLE EARTH NA SMARTPHONE UREĐAJIMA

U današnje vreme aplikacija Google Earth (GE) spada u standardne aplikacije smart telefona. Osim toga, većina smart telefona je opremljena GPS prijemnicima. Kada u svom telefonu otvorite GE aplikaciju, osim GE pozadine slike, vi vidite i plavu tačku koja pokazuje mesto na kojem se trenutno nalazite (u realnom vremenu).

GPS prijemnici u smartphone uređajima mogu da primaju podatke sa satelita GPS (SAD), GLONASS (Rusija) i Galilleo (Evropa) ([1], [2]). Povezivanjem sa četiri satelita, smart phone pored toga što može da odredi mesto na kojem se nalazite, on može da vam pomogne da se krećete od jednog do drugog mesta. Koristeći podatke o vašoj lokaciji, on može da geotag-uje fotografije koje ste pomoću njega snimili.

Važno je naglasiti da GE aplikacija na smartphone-u ne može direktno da otvori .kmz fajl i da to mora da izvrši pomoću neke druge aplikacije. Primer za to je aplikacija KMLZ to Earth Explorer, čiji logo je prikazan na Slici 3. Ta druga aplikacija funkcioniše zajedno sa GE aplikacijom u prikazivanju .kml i .kmz sadržaja na smartphone-u.



Slika 3: *KMLZ to Earth Explorer aplikacija koristi se za pregledanje .kmz fajlova na smart phone uređaju*
Izvor: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appspot.wrightrocket.kmlkmz

Zahvaljujući tome, vaš personalizovani sadržaj za GE postaje pokretan i vi ste u mogućnosti da u ruci držite najvažnije delove autoputa, umesto da se oslanjate na kabaste štampane crteže iz AutoCAD-a.

Što je još značajnije, fotografijski podaci koji su dostupni sa vašeg smartphone-a se mogu uklopiti u geografski kontekst. Kompjuterski softver GeoSetter [10] može da prikaže geotag-onave fotografije na karti, dok Photo GPS Extract [11] može da izdvoji GPS koordinate svake fotografije i da te podatke prebaci u Comma Separated Values (.csv) fajl. Pomenuti fajl se može otvoriti u Excel-u i prikazati u vidu tabele, (primer: Tabela 7)

Tabela 7: *Isečak iz .csv fajl koji sadrži podatke o širini, dužini i visini fotografija snimljenih za vreme obilazka terena*

Putanja i naziv slike	Širina	Dužina	Visina
….\Photos\E75S4\20130909_150811.jpg	42.63111	22.05028	384
….\Photos\E75S4\20130909_150849.jpg	42.63056	22.05	423
….\Photos\E75S4\20130909_150927.jpg	42.63028	22.04972	461
….\Photos\E75S4\20130909_152129.jpg	42.63194	22.05333	410
….\Photos\E75S4\20130909_152147.jpg	42.63278	22.05389	405

Geografski podaci iz Tabele 7 su korisni za GE, ali su beznačajni za ljude. Umesto toga, lokacija datog mesta duž trase autoputa se najčešće određuje pomoću stacionaže.

Kako bi se geografski podaci sa fotografija povezali sa stacionažom, kreira se .kml fajl koji sadrži Placemark za svaku sliku, koji se zatim otvara u GE uz .kml fajl odgovarajuće trase autoputa. Prikas ove aktivnosti je dat na Slici 4.



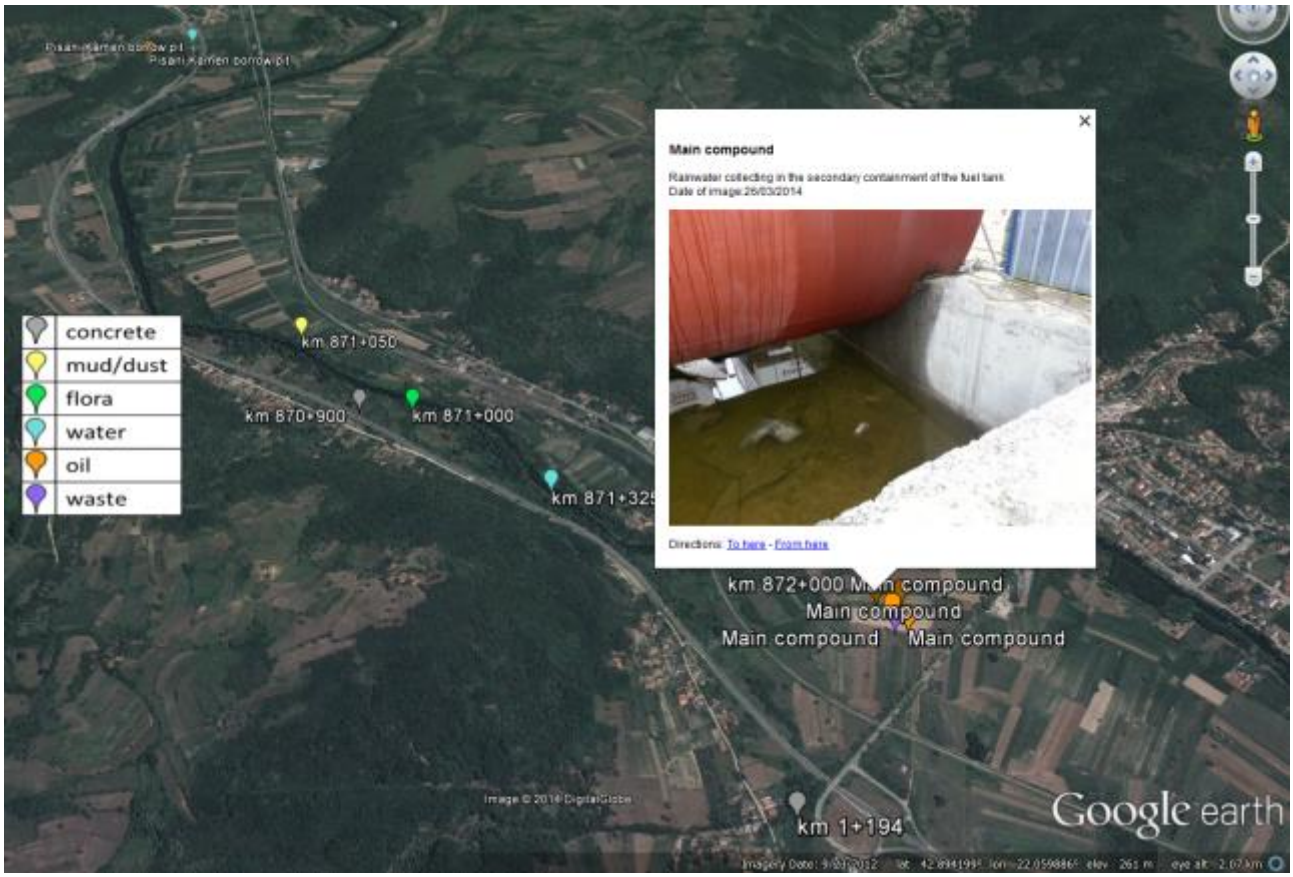
Slika 4: *Fotografije (plavi kružici) sa terena i prikaz puteva sa stacionažama*

Pet plavih kružića na Slici 4 predstavljaju fotografske podatke (date u Tabeli 7) a linije i objekti (ikonice sa "KM" u imenu) predstavljaju trasu autoputa. Slika 4 prikazuje da su tri fotografije slikane duž paralelnog puta (žuta linija sa leve strane na slici), a dve duž autoputa (zelena linija). Stacionaža za fotografije duž paralelnog puta može da se izmeri u odnosu na most na KM 6+254, pored donjeg levog ugla na slici. Stacionaža za fotografije duž autoputa može se izmeriti u odnosu na pločast propust (Box Culvert (BC)) na KM 905+726, pored gornjeg desnog ugla na slici.

Na ovaj način, fotografski podaci dobijeni preko smartphone uređaja mogu da se prevode u stacionaže koje se koriste za izveštaje i prenos informacija. Slika 4 nam pokazuje da GE platforma više služi za vizualno predstavljanje podataka, nego kao sredstvo za slanje izveštaja ili za štampanje statičnih slika. Dinamičnost GE-a (mogućnost da se uvećavaju i prikazuju slike koje su unete u Placemarks) zahteva da se sadržaj gleda u okviru aplikacije, ili da se aplikacija do kraja koristi kao sredstvo.

6. PRIKAZIVANJE PROBLEMA U PROSTORU

Podaci koji prate fotografijame napravljene pomoću smart telefona mogu da se prikazuju na GE platofmi što, na primer, omogućava uvid u aktuelne probleme u zaštiti životne sredine na delu autoputa. Takav .kmz fajl može ponovo da se vrati na smart telefon, da bi se koristio na samom terenu prilikom naredne inspekcije, kao detaljna, ali i sažeta lista problema iz oblasti zaštite životne sredine, na koje treba obratiti pažnju.



Slika 5: *Prizak nerešenih problema iz oblasti zaštite životne sredine u jednom period vremena*

Na Slici 5 prikazano je više nerešenih problema iz oblasti zaštite životne sredine u jednom period vremena, čije značenje je definisano u legend na levoj strain slike. Položaj oblačića prikazuje mesto na kome ti problemi postoje i opisi lokacija su dati belim slovima uz svaki; na primer, Main compound (izvođačeva glavna baza).

Ako ponovo pogledamo Slika 5, možemo da primetimo da je najveća koncentracija problema na delu izvođačeve glavne baze. Zatim, najveći broj problema povezan je sa uljem (pet narandžastih oblačića na Slika 5), pa sa betonom i sa vodom.

Najzad, obratimo pažnju na opis koji je odabran za problem sa uljem na glavnoj bazi. Opis se pojavljuje pri selektovanju oblačića (na smart telefonu i kompjuteru). On uključuje sliku datog problema, tekst koji opisuje problem sa slike i podatke o datumu fotografije. Korisnik definiše sadržaje ovog opisa pomoću instrukcija u .kml.

7. PRAĆENJE PROBLEMA U VREMENU

Kao što je ranije bilo opisano, GE ima pristup bazi snimaka iz 1940.-ih do danas – što korisniku omogućava da se vrati u prošlost prevlačenjem pokazivača na Time Slider-u (Slika 6).



Slika 6: *Time Slider u Google Earth-u*

Slično tome, moguće je dodati vremenski pečat Placemark-u u okviru .kml fajla koristeći: `<gx:TimeSpan>`. Čim GE iščita .kml fajl koji sadrži `<gx:TimeSpan>` tag, pojavljuje se Time Slider na ekranu.

Tabela 8: *Fotografije koje prikazuju eksploataciju pozajmišta od 24/09/2012 do 26/03/2014*

	
Datum slike: 24/09/2012	Datum slike: 20/05/2013
	
Datum slike: 12/08/2013	Datum slike: 11/09/2013
	
Datum slike: 11/02/2014	Datum slike: 26/03/2014

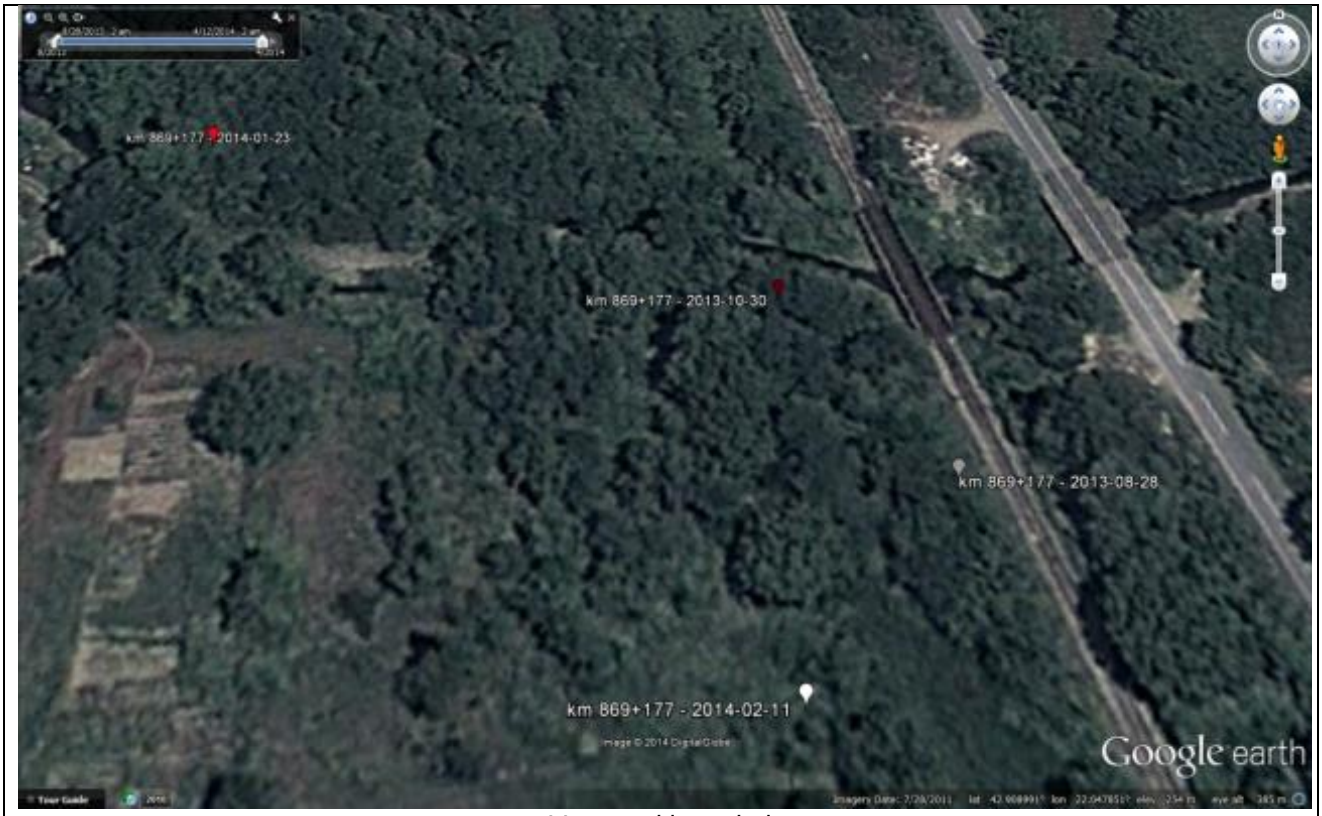
Tabela 8 i 9 prikazuju promene vremena na određenom mestu. Snapshots u tabelama odgovaraju jednom vremenskom periodu, koji je prikazan na Time Slider-u u gornjem desnom uglu svake slike. Datum svake slike takođe je obeležen u tabelama, jer ove informacije ne mogu da se pročitaju na snimcima, zbog njihove nedovoljne veličine.

Na Tabeli 8 predstavljena je promena pozajmišta tokom vremena – od brda prekrivenog šumom na gornjoj slici do eksploatisanog platoa ispred relativno strme litice na donjoj desnoj slici u toku 1.5 godine.

Tabela 9 obuhvata kraći vremenski period od oko četiri meseca. Na gornjoj slici prikazan je vremenski pregled, gde je pogoršanje problema zaštite životne sredine vizuelno predstavljeno bojama.

- od sive – propisno postavljena jama za pranje miksera za beton (slika u sredini, levo)
- do tamno crvene – beton izvan jame (slika u sredini, desno)
- do svetlo crvene – reka otpadnih voda od pranja miksera (slika dole, levo)
- do bele – uklanjanje betonskog otpada (slika dole, desno).

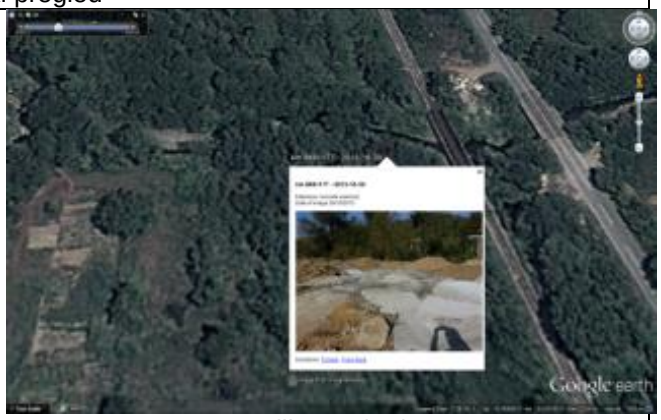
Tabela 9: *Praćenje problema otpadnih voda od pranje miksera za beton u blizini mosta na km 869+177 od 28/08/2013 do 11/02/2014*



Vremenski pregled



Datum slike: 28/08/2013



Datum slike: 30/10/2013



Datum slike: 23/01/2014



Datum slike: 11/02/2014

U širem smislu, primer iz Tabele 9 može da pomogne pri određivanju vremena potrebnog da se razreše pojedini problemi u zaštiti životne sredine (ulje, beton, itd.). On takođe može da posluži za utvrđivanje i naglašavanje problema koji su duži vremenski period ostali nerešeni, kako bi se Izvođaču radova, ukoliko je to potrebno, na njih skrenula pažnja.

8. ZAKLJUČAK

Konsultant za nadzor plana upravljanja životnom sredinom (Environmental Management Plan Supervision Consultant (EMPSC)) tokom izgradnje autoputeva Koridor Xc i Xd vrši obilazak terena i prati sporna pitanja u vezi sa životnom sredinom putem fotografisanja. To rezultira da se u kratkom periodu generiše veoma veliki broj fotografija. Ovaj rad opisuje kako Google Earth preko smart tehnologije omogućava inženjeru da u ruci nosi listu i detaljne spornih situacija.

Takođe prikazano je kako pregled spornih pitanja u GE-u pomaže da se definišu gde se najviše ili najčešće pojavljaju problemi ali i da se odredi vreme trajanja problema od prvog uočavanja do konačnog rešenja.

Lako je zaključiti da odštampani izveštaj nije jedini način da se prenosi informacija u 21. veku. Smartphone uređaj i .kml fajl zajedno pruže korisniku širok pregled situacije, gde može da skrije i prikazuje precizne detalje po želji.

9. ZAHVALE

Autorka rada se ovim putem zahvaljuje kompaniji Asmec Consultants. Takođe sam zahvalna ostalnim članovima tima Arup-a i IKS-a na podršci – a posebno Aleksandru Bajoviću i Mick Hall-u. Zahvaljujem se i Vladimiru Muriću (Louis Berger SAS) i George Lagotheodoros-u (Terna) na tehničkoj pomoći.

Zahvalna sam kompaniji Koridori Srbije na podršci i dozvoli da svoja iskustva stečena u okviru projekta Koridora Xc i Xd, upotrebim za izradu studije slučaja.

10. LITERATURA

[1] Schofield, W; Breach, M. 2007. *Engineering Surveying. Sixth edition*. Elsevier Ltd. London.
[2] Sadgrove, B. M; Danson E. 2001. *Setting-out Procedures for the Modern Built Environment. CIRIA C709*. Classic House. London.
[3] What are GPS Coordinates? (online) available at: http://www.gps-coordinates.net/gps-coordinate-system
[4] Length of a Degree of Latitude and Longitude Calculator. (online) available at: http://www.csgnetwork.com/degreelenllavcalc.html
[5] Vakanjac, B. GIS Tehnologije – Kartografske Projekcije i Mreže, II deo, Gauss-Kruger i UTM. (online) available at: http://www.futura.edu.rs/servisi/materijali/Kartografske%20projekcije%20i%20mreze%20II%20deo%20GK%20i%20UTM.pdf
[6] TatukGIS Coordinate Calculator. (online) available at: http://www.tatukgis.com/Products/CoordinateCalculator.aspx
[7] Google Earth User Guide. (online) available at: http://static.googleusercontent.com/media/earth.google.com/en//userguide/v4/google_earth_user_guide.pdf
[8] Keyhole Markup Language Documentation. (online) available at: https://developers.google.com/kml/
[9] geoSrbija. (online) available at: http://www.geosrbija.rs/rga/default.aspx?gui=1&lang=1#
[10] GeoSetter. (online) available at: http://www.geosetter.de/en/
[11] Photo GPS Extract. (online) available at: http://www.bvsystems.be/photoGPSextract.php

SVOJSTVA PROPUSNIH BETONA I MOGUĆNOST NJIHOVE PRIMENE U SAVREMENOJ PUTOGRADNJI

Autori:
Milija Stojanović[1], *email: milijastojanovic@gmail.com*
Miloš Šešlija, *email: slavijasrb@gmail.com*
Prof.dr. Mirjana Malešev, *email: miram@uns.ac.rs*
Prof.dr. Vlastimir Radonjanin, *email: radonv@uns.ac.rs*

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju, ul. Dr. Sime Miloševića 12, 21000 Novi Sad

Rezime: *U radu je prikazana mogućnost primene propusnog betona u savremenoj putogradnji. Opisane su osnovne karakteristike ove specifične vrste betona, sa posebnim osvrtom na njegov uticaj na životnu sredinu. Posebno su analizirani komponentni materijali i preporuke za optimalan sastav propusnih betona. Na osnovu eksperimentalnih rezultata drugih autora izvedeni su zaključci o uticaju fizičkih svojstava poroznog betona na njegove mehaničke karakterisitke. Zbog specifične kombinacije svojstava (vodo-propusnost, zadovoljavajuće mehaničke karakteristike) propusni betoni se mogu koristiti kao završni sloj kolovozne konstrukcije za parkirališta, puteve koji imaju manja saobraćajna opterećenja, puteve sa jakim bujičnim kišama, podove staklenika, pešačke i biciklističke staze i dr. Osnovni cilj rada je popularizacija ove vrste betona zbog mogućnosti supstitucije dela veziva primenom industrijskih otpadnih materijala (leteći pepeo i zgura) i potpunom ili delimičnom zamenom prirodnog agregata građevinskim otpadom (stari izdrobljeni beton u obliku krupnog agregata). Na taj način bi se u okviru domaaće putogradnje otgvorile šire mogućnosti za zaštitu životne sredine i održivo građevinarstvo.*

Ključne reči: *propusni beton, vodopropustljivost, čvrstoća, kolovoz.*

1. UVOD

Beton je najrasprostranjeniji građevinski, kompozitni materijal, kako u svetu, tako i kod nas. Primera radi, 2005.god. u svetu je proizvedeno šest milijardi kubnih metara betona, što je gotovo kubni metar po glavi stanovnika planete. Beton je postao dominantan materijal u celom svetu i prisutan je u izvođenju velikog broja različitih građevinskih objekata.
Danas, više nego ikada ranije, svoj udeo u industriji betona imaju betoni izrađeni po specijalnim sistemima ugradnje i recepturama, sa dodatkom aditiva, koji daju betonu najoptimalnije osobine, za svaki od specifičnih slučajeva upotrebe. Jedan od takvih betona je i propusni (porozni) beton za kolovoze. U Srbiji se skoro isključivo koriste asfaltni kolovozi, dok su betonski kolovozi retkost. Propusni betonski kolovoz je poseban oblik betonskog kolovoza koji se najviše upotrebljava u SAD-u, nešto manje u Evropi, dok u Srbiji ne postoji njegova šira upotreba. Radi se o betonu koji ima izrazitu poroznost, te zbog toga propušta vodu, smanjuje buku i zagrijavanje u gradovima, smanjuje potrebu za izgradnjom sistema za odvodnjavanje vode sa kolovoza, olakšava pročišćavanje vode i obnavlja dinamičke zalihe vode. Sa aspekta očuvanja prirodne sredine dosta je pogodniji u odnosu na ostale tipove kolovoznih zastora.

2. PRIMENA PROPUSNOG BETONA KROZ ISTORIJU

Upotreba propusnog betona datira još od sredine XIX veka [1]. Godine 1852. prvi put se ovaj tip betona koristi za izgradnji kuća u Velikoj Britaniji. Pored naziva propusni beton u literaturi se mogu javiti i nazivi kao što su porozni ili šupljikavi beton i beton diskontinualnog sastava. Evropske zemlje su ga koristile za različite funkcije: betoniranje zidova u jednospratnim i dvospratnim kućama, u nekim slučajevima i u visokim zgradama, montažnim pločama i blokovima od propusnog betona. Nakon 1946.godine, primena propusnog betona se u znatnoj meri povećala. Na početku svoje primene propusni beton se nije koristio za izgradnju puteva, već samo za objekata visokogradnje. Tokom vremena uloge su se menjale, tako da se propusni beton danas koristi i u putarstvu.

3. DOSADAŠNJA ISKUSTVA I MOGUĆNOSTI PRIMENE

Propusni beton se uglavnom se sastoji od krupnog agregata i male količine cementne paste u kojoj gotovo da nema zrna peska. Krupan agregat koji se koristi je najčešće jednofrakcijski. Posledica toga je značajno

[1] Milija Stojanović: milijastojanovic@gmail.com

veće prisustvo međuzrnske poroznosti u očvrslom betonu. Količina otvorenih pora u poroznim betonima se kreće od 15-25% ukupne zapremine očvrslog betona. Karakteristike propusnog betona omogućavaju mu da se upotrebljava kao logična alternativa tradicionalnim sistemima odvodnjavanja vode sa kolovoza, koje podrazumevaju privremeno zadržavanje vode na kolovozu, slivnike, rezervore za zadržavanje i sa njima povezane strukture poput cevi. Propusni beton, dobro projektovanog sastava osigurava da se sve padavine apsorbuju u slojeve ispod kolovozne konstrukcije i na taj način ima ulogu „suvog rezervoara“. Time se, sa površine kolovoza, voda prirodno eliminiše ili se njena količina smanjuje na minimalnu vrednost. To omogućava da se površine koje bi se koristile za sisteme odvodnjavanja iskoriste u druge svrhe. Sve tradicionalne drenažne tehnike povezane sa konvencionalnim betonom i asfaltom, „pate“ od istih nedostataka:

- Dodatni građevinski zahtevi u pogledu izgradnje: rovova, cevi, kanala, kanaleta, rigola, rezervoara...;
- Kontinualno održavanje cevi, jama, bazena...;
- Moguća erozija usled oticanja, preko različitih površina, pre nego voda dođe na konačno odredište;
- Ako je kolovozni zastor izrađen od asfalta on se tokom vremena „topi“ (gubi svoje karakteristike);
- Usled povećanja saobraćajnog opterećenja, povećava se i zagađenje usled sagorevanja goriva, upotrebom raznih ulja i maziva koje vozila koriste. Određena količina tih štetnih materija ostaje na samom kolovozu;
- Voda koja otiče preko kolovoza, neizbežno prelazi preko tih nepropusnih površina do svog odredišta i na taj način prenosi sva površinska zagađenja koja mogu da uzrokuju probleme. Ta voda može u sebi da sadrži razne opasne materije. Ona može biti toksičnija od voda u kanalizaciji;

Uporedno sa rastućom potrebom za ekološkom svešću i održivom gradnjom, propusni beton se nameće kao ekonomski i ekološki prihvatljiva alternativa za drenažu kišnice i snega.

Propusni beton ima visokopropusne, međusobno povezane, otvorene pore koje se jako brzo prazne (slika 1.). Takođe, propusni beton služi kao „suvi rezervoar“ za pridošlu količinu vode, sa okolnih nedrenažnih površina. Propusni beton prihvata količinu vode koja je jednaka 15-25% njegove zapremine. Na primer, propusni betonski kolovoz sa 20% pora debljine 15cm prihvata više od 25 litara vode po ~1m^2 i osigurava protok od 5-8m^3/s. Oko 13cm debeli propusni betonski kolovoz apsorbuje i zadržava skoro 3cm padavina pre nego što se pojavi površinsko oticanje.



Slika 1. *Prolaz vode kroz propusni beton*

Propusni beton se koristi u širokom spektru:

- propusni kolovoz za parkirališta;
- podove staklenika;
- konstrukcijske zidove koji zahtevaju manju težinu ili bolje karakteristike toplotne izolacije;
- kolovoze, zidove i podove gde se zahtevaju bolje akustično – apsorpcijske karakteristike;
- površinske slojeve za parkove i teniske terene;
- nasipe kod mostova;
- ploče oko bazena
- konstrukcije plaža i morski zidovi;
- kod sistema za sakupljanje solarne energije;
- zidne obloge bušenih bunara...

Primena za kolovoze:

Prednosti propusnog betonskog kolovoza nad nepropusnim kolovozima su:

- Smanjenje klizanja vozila na svim vrstama puteva;
- Smanjenje buke nastale interakcijom između gume i kolovoza;
- Uklanjanje ili smanjenje količine kišnih padavinana površini kolovoza i
- Omogućenje vodi da dopre do korenja stabala koja se nalaze blizu kolovoza.

Potencijalni nedostaci propusnog betona su:
- Ograničeno korištenje u područjima kretanja teških teretnih vozila;
- Specijalne konstrukcije;
- Produženo vreme sušenja;
- Uticaj vodocementnog faktora u svežem betonu;
- Posebna pažnja prilikom izvođenja na nekim tipovima tla, kao što su ekspanzivna i tla osetljiva na mraz;
- Nedostatak standardizovanih metoda ispitivanja i
- Potrebna posebna pažnja u kontaktu sa podzemnim vodama.

Propusni beton se kod saobraćajnica obično primenjuje za habajuće slojeve i drenažne podloge.
Propusni beton je sedamdesetih godina prošlog veka upotrebljen kao habajući sloj parkinga na području Floride (SAD), zbog jakih oluja koje uzrokuju brzu akumulaciju velikih količina kišnih padavina.
Parkirališta od propusnog betona su izabrana kao rešenje zbog problema „vrućih“ kolovoza u programu rashlađivanja naselja. Naime, temperatura vazduha iznad tih parkirališta je manja nego iznad nepropusnog zastora.
Istraživači su ispitivali korištenje propusnog betona kao termoakumulacionog materijala u podovima staklenika [2, 3]. Pod bi služio kao skladišni prostor, ali i kao posrednik prenosa toplote za solarni staklenik.
Putevi i zidovi od propusnog betona služe da smanje nivo buke, kako na putu, tako i u okolnim stambenim jedinicama. Ova diskontinualna struktura betona teži da apsorbuje i raširi zvuk u materijalu, tačnije, reflektuje ga na drugu lokaciju.
Pored gore navedenih primena propusni beton se koristi i za izgradnju teniskih terena. Propusne betonske ploče omogućavaju prodiranje vode, a zatim se voda izlučuje preko podloge do ivica ploče.
Uspeh spravljanja propusnog betona je različit. U nekim područjima, sastavi propusnog betonskog kolovoza uspešno su primenjeni, dok se u drugim začepe u kratkom vremenskom periodu. Mnogi neuspesi mogu se pripisati neiskustvu izvođača, jačem zbijanju tla od propisanog, nepažnji korisnika i greškama pri projektovanju konstrukcije.
Da bi propusni betonski kolovozi u potpunosti ispunili svoj zadak, potrebno je:
- Voditi računa o propusnosti tla. Preporučuje se proceđivanje tla od 13mm/h i debljina >1,2m.
- Oticanje vode sa površine propusnog betonskog kolovoza svesti na najmanju moguću meru;
- Zemlju koja se nalazi uz ivicu kolovoza prvo stabilizovati vegetacijom, pa tek tada kolovoz pustiti u funkciju.
- Sprovesti strogu kontrolu erozije i nanosa tokom i posle ugradnje, kako bi se sprečilo začepljenje pora u strukturi propusnog betona.

4. SASTAV BETONSKE MEŠAVINE

U Tabeli 1. prikazan je najčešći odnos komponenti propusnog betona za kolovozne konstrukcije. Ovakav sastav propusnog betona ima čvrstoću na savijanje od 1-3,5 MPa i čvrstoću na pritisak od 3,5-28 MPa.

Tabela 1. *Sastav propusnog betona*

Cement	270 – 415kg/m^3
Agregat	1190 – 1480kg/m^3
m_v/m_c (vodocementni faktor)	0,27 – 0,3
m_a/m_c	4 – 4,5 : 1
Sitne čestice / agregat	0 – 1 : 1

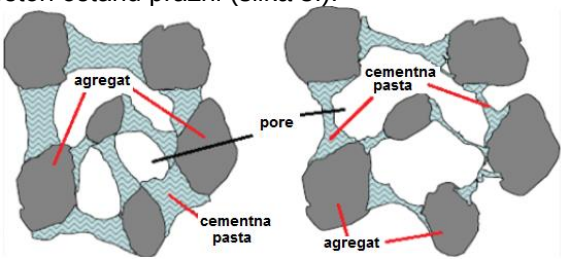
Korištenje većih odnosa od navedenih, može rezultovati smanjenjem čvrstoća i trajnosti očvrslog betona Voda je vrlo važna komponenta propusnih betona i posebna pažnja se mora posvetiti određivanju optimalne količine vode (slika 2.). Dodavanje sitnih čestica smanjuje količinu pora, ali povećava čvrstoću, tako da se u toku projektovanja betonske mešavine mora odrediti pravilan sastav.Upotreba hemijskih dodataka i mineralnih latentno-hidrauličkih dodataka poput: letećeg elektrofilterskog pepela, silikatne prašine i zgure je opravdana u poroznim betonima i naročito je naglašena u slučaju smanjenja zagađivanja životne sredine.



Slika 2. *Primeri propusnog betona u svežem stanju zavisno od sadržaja vode u njemu: a) nedostatak vode, b) odgovarajuća količina vode, c) previše vode.*

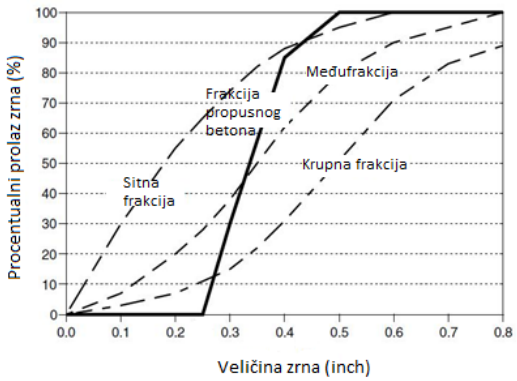
4.1. Materijali (agregat, cement, voda i hemijski dodaci)

Komponentni materijali za spravljanje poroznih betona se ne razlikuju po kvalitetu od komonenata običnih, kompaktnih betona.Kao vezivo se najčešće koristi portland cement ili cementi na bazi portland cementa, a kao agregat rečni ili drobljeni kamen. Razlika se ogleda u količinama komponentnih materijala i granulometrijskom sastavu. Cementne paste treba da bude toliko, da u tankom sloju obavije zrna krupnog agregata, a da međuzrnski prostori ostanu prazni (slika 3.).



Slika 3. *Prikaz strukture očvrslog betona, za veću i manju zapreminu cementne paste*

Ova konfiguracija stvara međusobno povezane šupljine (veličina od 1 do 5mm), između zrna agregata, koje omogućavaju da voda prođe kroz njih brže nego u konvencionalnom betonu.
Postoje dva tipa poroznih betona: prvi, u kojem se poroznost ostvaruje na račun pora u zrnima agregata (betoni od lakog agregata) i drugi, gde je poroznost osvarena preko međuzrnske poroznosti i ostalih komponenata betona (propusni beton) [4]. Naravno, postoji i kombinovani tip, u kome su primenjena oba načina za ostvarivanje poroznosti, ali takvi betoni i betoni na bazi lakih agregata se ne koriste u putarsvu. Betoni od lakog agregata sadrže velike procente relativno nepovezanih pora (zatvorena poroznost), dok propusni beton sadrži visok procenat međusobno povezanih pora (20 do 35%), što omogućava brz prolaz vode kroz beton (otvorena poroznost).
Granulometrijski sastav agregata, koji se koristi u propusnom betonu, najčešće je vezan za jednofrakcijske ili dvofrakcijske agregate, a veličina zrna se kreće od 8 do 20mm. Sadržaj sitnog agregata u propusnom betonu je ograničen, jer ugrožava povezanost otvorenih pora. Za postizanje optimalnih svojstava protočnosti vode predlaže se upotreba diskontinualne granulometrijske krive (slika 4.) sa veličinom zrna u rasponu od 6-10mm (0,25-0,4in).



Slika 4. *Kumulativna diskontinualna granulometrijska kriva agregata za propusni beton*

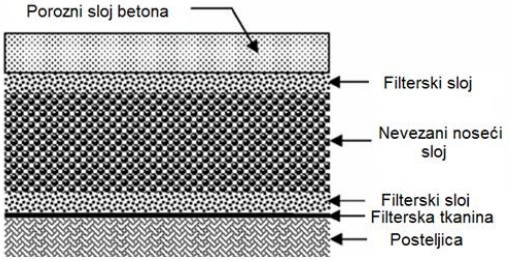
Kvalitet agregata u propusnom betonu jednako je važan kao i u konvencionalnom betonu. Izbegavaju se pločasta ili izdužena zrna agregata. Granulisani agregat treba da je čist, bez skrame od prašine, gline ili apsorbcionih hemikalija koje bi uticale na vezu između agregata i cementne paste.
Vlažnost agregata je bitna za spravljanje betonske mešavine zbog što tačnijeg određivanja optimalne količine vode, kako bi se postigla konzistencija prikazana na slici 2b.
Kao glavno vezivo koristi se portland cement. Klasa cementa i vodocementni faktor imaju veliki uticaj na čvrstoću poroznih betona.
Voda, koja se koristi za spravljanje propusnih betona ima iste uslove kvaliteta, kao i za konvencionalni beton. Propusni betoni ima relativno nizak vodocementni faktor (obično 0,26 – max 0,40).
Hemijski dodaci tipa reduktora vode (plastifikatori i superplastifikatori) koriste se zavisno od vodocementnog faktora. Usporivači procesa vezivanja i očvršćavanja betona (retarderi) koriste se za stabilizaciju i kontrolu hidratacije cementa. Često se koriste kada se radi sa krutim smešama. Posebno su korisni prilikom ugradnje betona na visokim temperaturama. Za vreme vetrovitog vremena prilikom ugradnje korisna je upotreba

hemijskih dodataka. U tom slučaju isparavanje vode je povećano, što dovodi do pukotina čak i kada je smeša najefikasnije ugrađena. Tada se mogu koristiti usporivači (retarderi) vezivanja.Ubrzivači (akceleratori) se koriste kada se propusni betoni ugrađuje na niskim temperaturama. Dodaci aeranti se obično koriste krajevima gde je oštrija klima. Međutim, ne postoji pouzdana metoda kojom bi se odredila zapremina uvučenog vazduha u mešavini. Upotreba aeranata je opravdana u betonima sa relativno visokim sadržajem cementa, gdje je debljina cementne paste > 200μm. Takođe, za poboljšanje trajnosti betona pri niskim temperaturama, dobro se pokazala upotreba vlakana.

5. KARAKTERISTIKE PROPUSNOG BETONA

Postoji niz prednosti propusnog betona nad konvecionalnim tehnikama izrade drenaže:

- Masa propusnog betona služi kao „privremeni rezervoar“ za vodu koja otiče sa površine kolovoza, sve dok se ona ne apsorbuje u zemlju, te se na taj način ponaša kao „suvi rezervoar“ (slika 5.);
- Zagađivači koji su prethodno bili prisutni u vodi se zadržavaju. Voda se pročišćava tako što prolazi kroz filter (ako je prisutan), ili kroz posteljicu. U ovom tipu kolovozne konstrukcije mogu se pojaviti filterski slojevi i tkanine (najčešće geotekstil). Oni imaju ulogu da pročiste vodu i spreče ispiranje materijala;



Slika 5. *Poprečni presek propusnog betonskog kolovoza*

- U gradovima propusni betonski kolovozi mogu preuzeti i odvodnjavanje vode sa krovova kuća ili nekih drugih površina;
- Trajan materijal, poput konvencionalnog betona;
- Reciklira se i na taj način se promoviše ekološka svest i održivi razvoj;
- Ima svojstvo velike termalne mase što zajedno sa njegovom visokom reflektivnošću (izvodjenje u različitim bojama), u poređenju sa asfaltom, smanjuje urbano zagrevanje i reguliše temperaturne varijacije u kolovozu;
- I ovaj tip betona koristi lokalne materijale što je bitan kriterijum za održivu gradnju;
- Leteći elektro-filterski pepeo se može koristi kao zamena za cement u rasponu 20-25% i na taj način se pomaže u rešavanju problema velikih količina letećeg pepela koji je nusprodukt termoelektrana;

Pojava oštećenja usled smrzavanja vode koja protiče kroz porozni beton se izbegava svođenjem vremena zadržavanja vode u betonu na minimum. Ipak, nije preporučena primena propusnih betona u planinskim krajevima sa kumulativno niskim temperaturama, velikim i čestim snežnim padavinama. Naime, voda prilikom prelaska iz tečnog u čvrsto agregatno stanje (led) povećava svoju zapreminu za ~1/11 i zbog toga u vodom zasićenom betonu izaziva naprezanje na zatezanje. Porozni betoni nemaju visoku čvrstoću na zatezanje, pa se mogu pojaviti oštećenja u vidu pucanja i drobljenja betona. Stepen oštećenja poroznih betona se može smanjiti upotrebom aeranata.

Vreme uklanjanja i sušenja snega i vode sa kolovoza, koji je izrađen od propusnog betona je mnogo kraće nego kod nepropusih habajućih slojeva kolovoza.(slika 6.). Na slici se vidi da kod propusnog betona nije potrebno raditi slivnike ni odvodne kanale, a poprečni padovi su dosta manji .



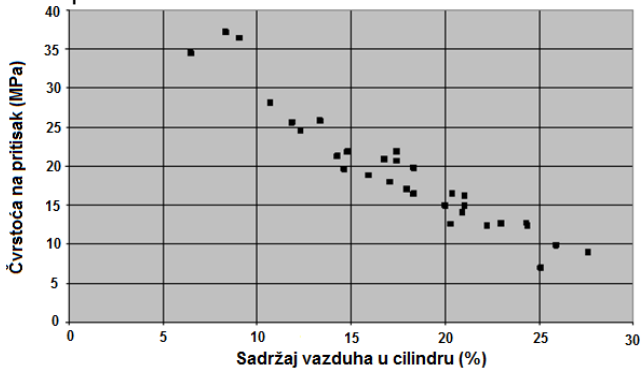
Slika 6. *Brzina sušenja nepropusnog asfaltnog kolovoza (levo) i kolovoza od propusnog betona (desno)*

Istraživanja, koja se sprovode za propusni beton, su zasnovana prvenstveno na laboratorijskim testovima, uz neke podatke dobijene iz iskustva. U SAD postoji samo jedna ASTM-ova (American Society for Testing

and Materials) metoda koja je posebno namenjena za propusni beton. ASTM C09.49 bavi se metodama ispitivanja čvrstoće na pritisak, čvrstoće na savijanje, sadržaja pora i propusnosti.

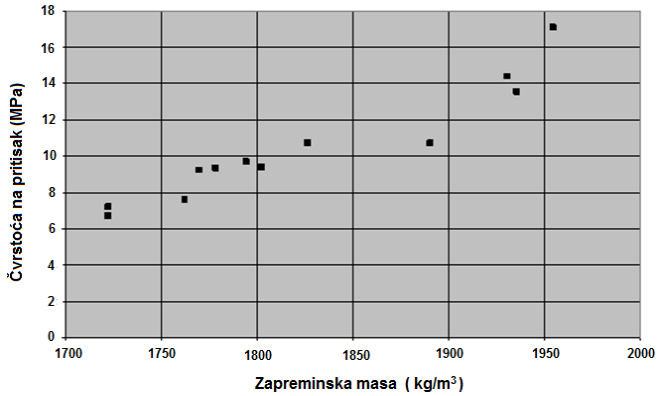
5.1. Čvrstoća na pritisak i čvrtoća na savijanje

Čvrstoća na pritisak opisuje odnos betonske mešavine i načina ugradnje betona (prvenstveno zbijanja). Slika 7. prikazuje uticaj sadržaja pora na promenu čvrstoće na pritisak propusnog betona [5]. Sa povećanjem poroznosti, čvrstoća na pritisak se značajno smanjuje. Ispitivani su uzorci sa sadržajem pora od 7 do 28%.Pri tome, čvrstoća na pritisak se kretala od 7 do 37MPa.



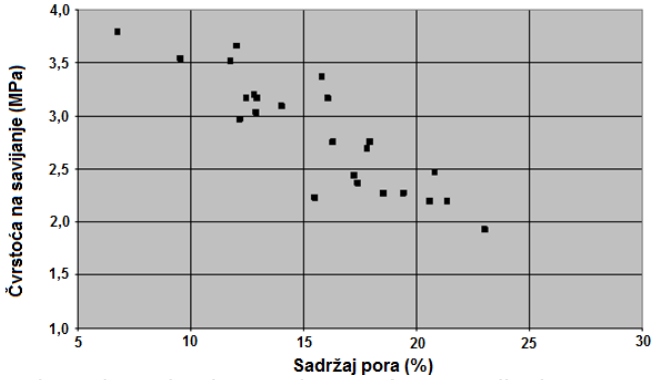
Slika 7. *Odnos između sadržaja vazduha i čvrstoće na pritisak propusnog betona [5]*

Slika 8. prikazuje odnos između zapreminske mase i čvrstoće na pritisak propusnog betona [6]. Čvrstoća na pritisak pri zapreminskoj masi do 1900kg/m^3 je manjeg prirasta u odnosu na zapreminsku masu veću od 1900kg/m^3. Razlog za ovakvo različito ponašanje je uključivanje zrna kupnog agregata u prenos optererećenja na pitisak kod betona sa zapreminskom masom većom od 1900kg/m^3.



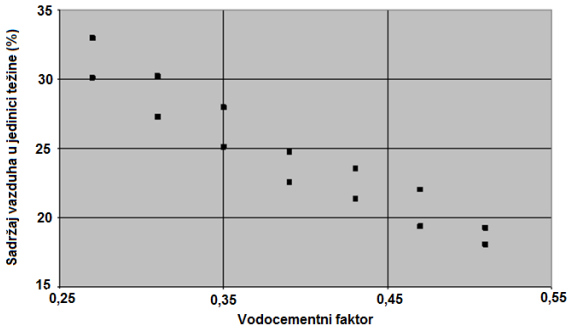
Slika 8. *Odnos između zapreminske mase propusnog betona i čvrstoće na pritisak [6]*

Na slici 9. data je zavisnost promene čvrstoće na savijanje od sadržaja pora propusnog betona [5]. Sa povećanjem sadržaja pora čvrstoća na savijanje se smanjuje, međutim, primetno je i povećano rasipanje rezultata za sadržaj pora od 10-20%.



Slika 9. *Odnos između sadržaja pora i čvrstoće na savijanje za propusni beton, [5]*

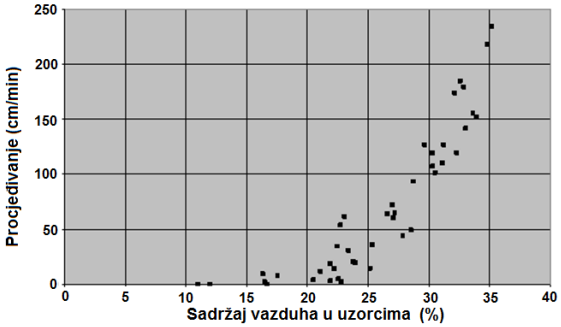
Povećanje veličine agregata za posledicu ima smanjenje čvrstoće na pritisak, dok upotreba polimernih aditiva i mineralnih dodataka povećava čvrstoću za istu granulaciju agregata [7]. Povećanje modula finoće smanjuje čvrstoću na pritisak betona [8].
Visok vodocementni faktor dovodi do tečenja cementne paste uz istovremeno popunjavanje pora u strukturi betona. Nizak vodocementni faktor dovodi do smanjenja adhezije između zrn agregata i cementne paste i do otežanog ugrađivanja. Slika 10. [5] pokazuje zavisnost između sadržaja pora i vodocementnog faktora, za dva različita nivoa zbijanja. Bz obzira na nivo zbijenosti, sa povećanjem vodocementnog faktora, sadržaj pora se smanjuje.



Slika 10. *Odnos sadržaja vazduha i odnosa m_v/m_c za dva različita nivoa zbijanja [5]*

5.2. Stopa propusnosti

Jedna od najvažnijih osobina propusnog betona je njegova sposobnost proceđivanja (propusnosti) vode kroz matricu. Stopa proceđivanja propusnog betona je direktno zavisna od poroznosti i veličine pora. Ispitivanja su pokazala [5] da je potrebna minimalna poroznost od oko 15% kako bi se postiglo značajnije proceđivanje. Za poroznosti od 20 do 25%, koeficijent propusnosti je oko 0,01m/s [9]. Slika 11 [5] pokazuje odnos između sadržaja pora i stope proceđivanja propusnog betona. Budući da je povećanje stope proceđivanja direktno proporcionalno povećanju sadržaja vazdušnih pora, samim tim, čvrstoća na pritisak se smanjuje. Prilikom spravljanja betonske mešavine treba voditi računa o doziranju komponenata da bi se postigla optimalna ravnoteža između prihvatljive stope proceđivanja i prihvatljive čvrstoće na pritisak.



Slika 11. *Odnos između sadržaja vazduha i procjeđivanja za propusni beton [7]*

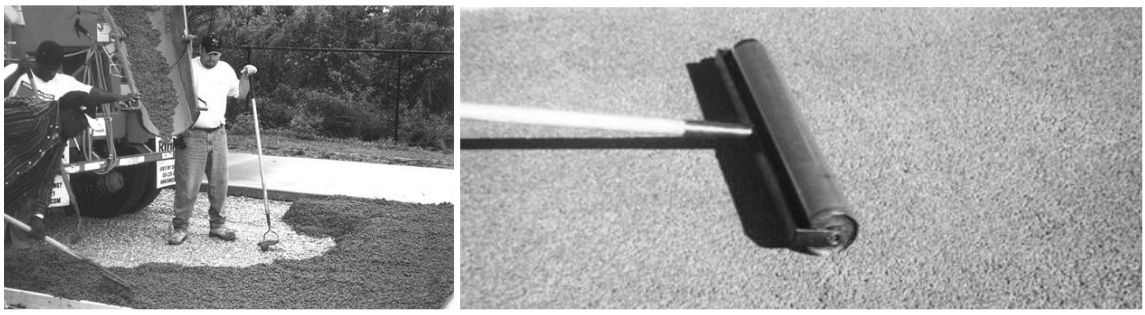
Osim poroznosti i veličine pora, ključni faktor koji utiče na propusnost betona je stepen povezanosti mreže pora. Međutim, u svetu ne postoji jednostavna metodologija za merenje povezanosti pora.
Propusni beton ublažava zagađenja od tkz. „prvog mlaza vode“, gde se oko 90% nečistoća odvodi u prvim minutama padavine. Filtracija osigurava zadržavanje najmanje 80% organskih i neorganskih materija.

5.3. Apsorpcija zvuka

Zbog prisutnosti velike zapremine međusobno povezanih pora, propusni beton je koristan za apsorpciju zvuka. Propusni beton se ugrađuje kao sredstvo za smanjenje buke koju pneumatik stvara u interakciji sa kolovozom. Smanjenje buke nastaje iz kombinacije smanjenja stvaranja buke i povećane apsorpcije zvuka.
Koeficijent apsorpcije (α) je mera sposobnosti materijala da apsorbuje zvuk. Materijal sa koeficijentom apsorpcije 1,0 ukazuje da u potpunosti „upija“ zvuk, dok materijal sa koeficijentom apsorpcije 0,0 označava potpuno reflektovanje zvuka. Npr. konvencionalni beton, obično ima koeficijent α od 0,03 do 0,05. Propusni beton obično ima koeficient α od 0,10 (za slabo porozne mešavine) do gotovo 1,00 [4]. Zbog zavisnosti koeficijenta apsorpcije od frekvencije delovanja zvučnih talasa, važno je odabrati odgovarajuću debljinu propusnog betona kako bi se smanjili zvuci određene frekvencije (frekvencije od 800 do 1200Hz su najneugodnije za ljudsko uvo).

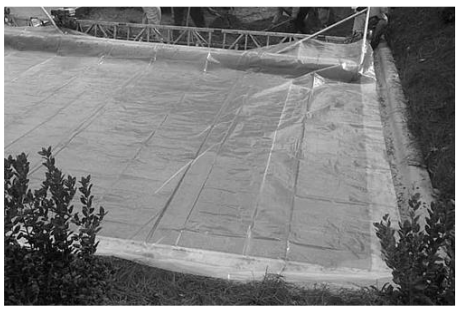
6. UGRADNJA PROPUSNOG BETONA ZA KOLOVOZE

Karakteristike propusnog betona diktiraju znatno drugačije procese ugradnje od ugradnje konvencionalnog betona [10]. Ti procesi su: razastiranje betona, ravnanje i zbijanje. Oprema koja se uspešno koristi za ugrađivanje/zbijanje propusnog betona uključuje: niskofrekventne, vibrirajuće, rešetkaste ravnjače u kombinaciji sa teškim cevnim valjcima, jednodelne i dvodelne rotacione cevne ravnjače, pločaste zbijače, laserske ravnjače i posebne mašine za ugradnju propusnog betona.
Bez obzira na vrstu opreme za zbijanje, propusni beton se ne može uspešno ugraditi ako nema odgovarajuću konzistenciju. Previše suv beton stvara probleme sa vezivanjem i stepenom hidratacije cementa, dok suviše mokra mešavina rezultira odvajanjem cementne paste, slabeći strukturu betona u gornjim slojevima poprečnog preseka i istovremeno začepljenje dna kolovoza. Dodaci kao što su stabilizatori hidratacije, modifikatori viskoznosti i reduktori vode, pomažu u proizvodnji i održavanju odgovarajuće konzistencije propusnog betona. Zahteva se da isporuka i ugradnja betona budu završeni brzo, tako da nega površine počne 20min nakon ugradnje betona, iako se ovo vreme može smanjiti ili povećati, zavisno od uslova okoline.
Dobro pripremljena i zbijena posteljica, kao i tamponski sloj, ključni su za izgradnju kvalitetnog kolovoza. Poželjno je da posteljica i tamponski sloj nemaju zemljani materijal u sebi.
Sveža betonska mešavina, koja je izložena stajanju tokom dužeg vremenskog perioda, gubi vodu potrebnu za hidrataciju i kohezivnost mešavine. Ovo sušenje cementne paste može dovesti do smanjenja čvrstoće i prevremenog krunjenja površine kolovoza.
Beton mora biti ugrađen što „tačnije“ blizu ivica kolovoza, što se postiže ravnomernim istovarom iz miksera, na tamponski sloj (slika 12.). Za površine koji se ne ugrađuju direktno iz miksera, zbog njihovog nepovoljnog položaja, koriste se trakasti transporteri. Tokom zbijanja betona vodi se računa o dužini vibriranja, jer se predugim vibriranjem smanjuje procenat pora u betonu. Zato se za zbijanje propusnog betonskog kolovoza koriste i vibro letve i (vibro) valjci. Jedan od njih prikazan je na slici 12.(desno).



Slika 12. *Ugradnja propusnog betona direktno iz automiksera (levo) i prikaz malog valjka za zbijanje betonske površine (desno)*

Otvorena struktura pora zahteva negu propusnog betona posle ugradnje. Nega poroznog betona se ostvaruje pokrivanjem površine betona zaštitnom folijom, da bi se smanjilo isparavanje vode i da bi se zaštitio od atmosferskih uticaja. Pravilna nega propusnog betona bitna je za ostvarivanje njegovih svojstava. Pri povoljnim uslovima, visoke količine vlage u vazduhu i male brzine vetra, pokrivni materijal se postavlja preko betona najkasnije u roku od 20min nakon ugradnje. Pri nepovoljnijim uslovima okoline, pokrivni materijal postavlja se i ranije. Materijal za pokrivanje je plastična folija (slika 13.). Ne smeju se koristiti tkani materijali kao što su grubo platno i geotekstilna tkanina, jer oni ne drže vlagu u betonu. Sredstava za negovanje prskanjem ne daju prihvatljive rezultate.



Slika 13. *Prikaz nege betona plastičnom folijom*

Za pravilno negovanje, kolovoz se obično ostavlja pokriven najmanje 7 dana za obične cementne mešavine betona i 10 dana za betonske smeše koje sadrže dodatke cementu. Na hladnom vremenu trajanje nege betona biće duže.Tokom procesa očvršćavanja betona, na kolovozu ne sme biti saobraćajnog opterećenja. Gradnja kolovoznih konstrukcija od propusnog betona obustavlja se kada se očekuje da će temperatura vazduha tokom ili jedan dan nakon ugradnje biti manja od 4°C, zbog osetljivosti materijala na niske temperature. Brzo isparavanje vode uzrokuje nedovoljnu hidrataciju cementa, stoga se topla voda ne sme koristiti u mešavini propusnog betona.
Nacionalni centar tehnologije betonskog kolovoza u SAD-u [11] testirao je nekoliko različitih smeša za ispitivanje otpornosti na smrzavanje i odmrzavanje. Oni su utvrdili da zasićeni uzorci napravljeni od iste mešavine, imaju samo 2% gubitka mase kada su podvrgnuti na 300 ciklusa smrzavanja i odmrzavanja, u skladu sa ASTM C666/C666M metodom. To je mešavina koja uključuje frakciju sa 7% peska, 259,5kg cementa i vodocementni faktor od 0,27. Uzorci napravljeni sa ovim omerom imaju sadržaj pora od 18,3% ukupne zapremine uzorka. Dodatak vezivnog lateksa u mešavinu povećava otpornost na smrzavanje i odmrzavanje, ali ne u istoj meri kao i dodavanje male količine peska u mešavinu.
Mere za poboljšavanje otpornosti propusnog betona na ciklično smrzavanjw i odmrzavanjw su:

- Izvođenje nevezanog nosećeg sloja debljine od 200 do 600mm, ispod površine propusnog kolovoza;
- Dodavanje aeranata u svežu betonsku mešavinu;
- Postavljanje perforiranih PVC cevi unutar nevezanog nosećeg sloja, ako količina tamponskog sloja nije dovoljne debljine da prihvati vodu koja prolazi kroz propusni betonski kolovoz.

Propusni beton se u prošlosti nije preporučivao u uslovima smrzavanja i odmrzavanja, gde je visok NPV. Prihvatljive granice se utvrđuju merenjem razlike u visinama nivoa podzemnih voda i dna kolovozne konstrukcije (vrha posteljice). Upotreba propusnog betona je opravdana kada je ta visina min 0,9m. Međutim, u SAD je istraživana upotreba propusnog betona i u situacijama kada je na terenu visok nivo NPV i slabo odvodnjavanje. [12]

7. ZAKLJUČAK

Propusni betona se uglavnom koristi za puteve sa lakim saobraćajnim opterećenjem, parking staze, puteve gde je česta pojavu bujičnih kiša, pešačke i biciklističke staze i dr. Tehnologija ugradnje propusnog betona stvara efikasniji način odvodnjavanja vode sa njegove površine, smanjenje akvaplaninga, efikasnije korišćenje zemljišta i očuvanje prirodne okoline. Pojavu zadržavanja vode na putu svodi na minimum. Propusni beton, za ovaj vid upotrebe, proračunava se i kao kolovozna konstrukcija i kao drenažni sistem. Na taj način se mogu smanjiti ukupni troškovi projektovanja i izgradnje. Pored toga, propusni betonski kolovoz može smanjiti i do 12% toplotne energije koja se emituje od kolovoza. To je veoma važno u gradskim sredinama, gde nepropusni beton i asfalt zauzimaju velike površine. Životni ciklus propusnog betonskog kolovoza je manji od životnog ciklusa nepropusnog kolovoza, ali on se uvek može reciklirati nakon projektovanog veka trajanja. Sve je više zahteva za upotrebom građevinskih materijala koji nastaju reciklažom. Upotreba propusnog betona za cilj ima i da se više pažnje usmeri održivom razvoju i povećanju primene recikliranih materijala.

ZAHVALNOST

U radu je prikazan deo istraživanja koje je pomoglo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru tehnološkog projekta TR 36017 pod nazivom: "Istraživanje mogućnosti primene otpadnih i recikliranih materijala u betonskim kompozitima, sa ocenom uticaja na životnu sredinu, u cilju promocije održivog građevinarstva u Srbiji".

Literatura

[1] Francis, A. M., 1965, “Early Concrete Buildings in Britain,” Concrete and Constructional Engineering, London, V. 60, No. 2, Feb., pp. 73-75.
[2] Monahan, A., 1981, “Porous Portland Cement Concrete; the State of Art,” U.S. Army Engineer aterways xperiment Station, Structures Laboratory, Vicksburg, MS., Jan., 27 pp.
[3] Herod, S., 1981, “Porous Concrete Market Blooms in Greenhouse,” Modern Concrete, Mar., pp. 40-44.
[4] Neithalath, N., 2004, “Development and Characterization of Acoustically Efficient Cementitious Materials”, PhD thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, 269 pp.
[5] Meininger, R. C.,1988, “No-Fines Pervious Concrete for Paving”, Concrete International, V.10,Aug., pp. 20-27.

[6] Mulligan, A., 2005, “Attainable Compressive Strength of Pervious Concrete Paving Systems,” master’s thesis, University of Central Florida, 132 pp.
[7] Jing, Y., and Guoliang, J., 2003, “Experimental Studies on Properties of Pervious Concrete Pavement Materials”, Cement and Concrete Research, V. 33, No. 3, pp. 381-386.
[8] Crouch, L. K.; Smith, N.; Walker, A. C.; Dunn, T. R.; and Sparkman, A., 2006, “Determining Pervious PCC Permeability with a Simple Triaxial Flexible-Wall Constant Head Permeameter”, TRB 85th Annual Meeting Compendium of Papers, 18 pp.
[10] Neithalath, N.; Weiss, J.; and Olek, J., 2006, “Characterizing Enhanced Porosity Concrete Using Electrical Impedance to Predict its Acoustic and Hydraulic Performance”, Cement and Concrete Research, V. 36, No. 11, pp. 2074-2085.
[9] Brite/Euram Report, 1994, “Surface Properties of Concrete Roads in Accordance with Traffic Safety and Reduction of Noise”, Brite/Euram Project BE3415, 138 pp.
[10] Offenberg, M., 2005b, “Pervious Concrete Pavement Permitting”, Land Development Today, V. 1, No. 8, Aug., pp. 6-10.
[11] Schaefer, V. R.; Wang, K.; Suleiman, M. T.; and Kevern, J. T., 2006, “Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates”, National Concrete Pavement Technology Center, 85 pp.
[12] (Ohio Beton Ready Mixed Association) (http://www.ohioconcrete.org).

HIDROIZOLACIJA BETONSKIH MOSTOVA – ISKUSTVA IZ PRAKSE

Tatjana Bošković[1], Imre Pap, Milorad Smiljanić
[1] Institut za puteve ad Beograd, email – instput@highway.rs

Rezime: *Hidroizolacija kolovozne ploče na betonskim mostovima ima važnu ulogu u zaštiti betona i produženju trajnosti i veka eksploatacije mostova. Da bi hidroizolacija u potpunosti ostvarila svrhu neophodna je primena kvalitetnih tehničkih rešenja i materijala, kao i stručno ugrađivanje. U radu su izneta iskustva stečena pri praćenju ugrađivanja hidroizolacionih sistema sa polimer-bitumenskim trakama na betonskim mostovima, ispitivanju i kontroli kvaliteta izvedenih radova, sa osvrtom na probleme i propuste koji se sreću u praksi.*

Ključne reči: hidroizolacija , betonski mostovi, polimer-bitumenske trake, prionljivost

1. UVOD

Mostovi su važan deo infrastrukture. Povećanje trajnosti mostova je bitno pitanje za državne organe iz oblasti putne privrede iz bezbednosnih, ekonomskih i ekoloških razloga, kao i održivog razvoja društva. Jedan od glavnih uzroka oštećenja na mostovima je prodiranje vode usled nedostatka ili gubitka čvrstoće veze između hidroizolacije i betonske podloge, kao i između asfaltnog zastora i hidroizolacije.

Za hidroizolaciju betonskih mostova u svetu i kod nas danas najširu primenu imaju hidroizolacioni sistemi sa polimer-bitumenskim trakama za hidroizolaciju koje se ugrađuju varenjem. Iskustvo je pokazalo da je ovo kvalitetno tehničko rešenje, dobre trajnosti, ukoliko su projektovanje, izbor materijala, postupak ugrađivanja i kontrola kvaliteta stručno obavljeni, uz posebnu pažnju na interakcije između različitih komponenti sistema [1]. Ostvarena dobra veza bitumenske trake za betonsku podlogu i asfaltni zastor je od suštinskog značaja za dobre performase asfaltnog kolovoznog zastora. Gubitak ove veze je često razlog pojave oštećenja asfaltnog zastora na mostovima – pojave prslina, pukotina i rupa.

Uslovi koje hidroizolacioni sistem na mostovskim konstrukcijama treba da ispuni su [2].:

- vodonepropustljivost tokom predviđenog perioda eksploatacije;
- dobra čvrstoća veze sa betonskom podlogom i asfaltnim slojem;
- sposobnost premošćavanja pukotina na kolovoznoj ploči (prsline, pukotine, rad pukotina i manje neravnine);
- dobra trajnost;
- otpornost na napone smicanja usled saobraćajnog opterećenja;
- otpornost na bušenje zrnima agregata iz asfaltnog sloja pod dejstvom saobraćajnog opterećenja;
- otpornost na vodu i rastvore soli za zimsko održavanje puteva
- prilagodljivost na promene temperature.

2. HIDROIZOLACIONI SISTEMI SA POLIMER-BITUMENSKIM TRAKAMA

Hidroizolacioni sistemi sa polimer-bitumenskim trakama za betonske mostove sastoje se iz pripremnog, hidroizolacionog i zaštitnog sloja. U zavisnosti od broja slojeva bitumenskih traka, mogu se podeliti na jednoslojne i dvoslojne sisteme.

Pripremni sloj, kojim se ostvaruje veza između betonske podloge i hidroizolacionog sloja, čine prethodni premaz i izravnavajuća masa. Kao prethodni premaz koriste se bitumenski i epoksidni premazi. Upotreba epoksidnih premaza dovela je do značajnog poboljšanja svojstava hidroizolacionih sistema, kao što su smanjenje brzine propustljivosti vodene pare, poboljšanje i dugotrajnije očuvanje čvrstoće veze između betona i hidroizolacionog sloja [3].

Za izravnavanje manjih lokalnih udubljenja na betonskoj površini koristi se izravnavajuća masa. U zavisnosti od vrste upotrebljenog prethodnog premaza, u tu svrhu se koriste polimer-bitumenske mase i epoksidni malteri.

[1] Tatjana Bošković: t.boskovic29@gmail.com

Hidroizolacioni sloj čini polimer-bitumeska traka, ugrađena u jednom ili dva sloja. Moderni proces tehnologije proizvodnje polimer-bitumenskih hidroizolacionih traka zasniva se na mešavini bitumena, polimera i mineralnog filera, koji se koriste za impregnisanje krutog uloška – ojačanja trake. U proizvodnji polimer-bitumenskih traka uglavnom se koriste dva tipa polimer-bitumena: SBS-bitumen modifikovan sa stiren-butadien-stirenom i APP-bitumen modifikovan sa ataktičkim-polipropilenom. Kao ojačanje u polimer-bitumenskim trakama za hidroizolaciju mostova koriste se tkanine od staklenih vlakana ili poliestera, ili njihova kombinacija. Površina trake je zaštićena na gornjoj strani talkom, peskom, granulama, a sa donje polietilenskom folijom.

Zaštitni sloj hidroizolacije na kolovoznim pločama mostova izrađuje se od asfalt betona, mastiks asfalta ili livenog asfalta. Zaštiti sloj štiti hidroizolaciju od mogućih mehaničkih i termičkih opterećenja, koja se javljaju za vreme ugrađivanja asfaltnih slojeva i za vreme eksploatacije [4].

3. PRIPREMA BETONSKE POVRŠINE

Na kvalitet izvedeneih hidroizolacionih radova jako utiče kvalitet pripremljene betonske površine na koju se ugrađuje hidroizolacija.

Pri izradi kolovozne ploče potrebno je adekvatno obaviti završnu obradu betonske površine. Površina na koju se ugrađuje hidroizolacija treba da bude što ravnija, bez većih depresija i oštrih neravnina i pikova, naglih diskontinuiteta, labavih zrna agregata, slabog betona i cementnog mleka, očišćena od prašine, peska i drugih eventualno prisutnih nečistoća ili prisustva sredstava za negu betona. Betonska površina treba da bude odgovarajuće hrapavosti, tako da kontaktna površina između hidroizolacionog sloja i betonske podloge bude maksimalizovana. Svi defekti betonske površine povećavaju mogućnost da između bitumenske trake i betonske podloge ostane zarobljen vazduh, što može za posledicu imati stvaranje mehurova.

Betonska površina kolovozne ploče mosta treba da ispuni sledeće uslove za izradu hidroizolacije [5]:

- Nov beton mora biti star najmanje 21 dan. Hidroizolacioni radovi se mogu vršiti i pri manjoj starosti betona ukoliko uputstva proizvođača materijala to dopuštaju i ukoliko se unapred dokaže kvalitet izvedenih radova, odnosno da betonska površina ispunjava potrebne uslove za izvođenje hidroizolacionih radova.
- Čvrstoća na čupanje betonske površine mora iznositi najmanje 1,5 N/mm^2 (pojedinačna vrednost najmanje 1,0 N/mm^2).
- Površina betonske kolovozne ploče mora biti dovoljno hrapava, ali bez oštrih neravnina. Ukoliko se polimer-bitumenske trake ugrađuju varenjem, hrapavost betonske površine, određena po metodi sa peskom, treba da iznosi najmanje 0,8 mm i najviše 1,5 mm.
- Površina betona mora biti suva. Vlažnost betona na 2 cm dubine ne sme biti veća od 4% (m/m).
- Površina betona kolovozne ploče mora biti što ravnija. Odstupanje ravnosti betonske površine, merena letvom dužine 4m, može biti: najviše 40 mm na dužini od 4 m, najviše 20 mm na dužini od 2 m i najviše 10 mm na dužini od 1 m.
- Betonska površina mora biti ošišćena od prašine i peska. Nevezana zrna agregata moraju biti odstranjena. Slabiji beton (''cementno mleko''), oštre neravnine, ispupčenja, eventualno zaostala hidroizolacija, ulje i druge nečistoće moraju se odstraniti.

Kod nas se, nažalost, na pripremu betonske površine ne obraća dovoljno pažnje, pa je to jedan od većih uzroka lošeg kvaliteta izvedenih hidroizolacionih radova.

Betonska površina mora biti pravilno pripremljena za izradu hidroizolacije, da bi se ona kvalitetno povezala sa betonskom podlogom i ispunila svoju funkciju u predviđenom eksploatacionom veku. Na slici 1 prikazani su tipični primeri neadekvatno pripremljenih betonskih kolovoznih ploča za izradu hidroizolacije koji se sreću u praksi. U slučaju nove betonske kolovozne ploče (slika 1a), neophodno je, pre ugrađivanja hidroizolacije, obaviti peskarenje ili sačmarenje betonske površine radi uklanjanja cementnog mleka i postizanja potrebne hrapavosti betonske površine. U slučajevima sanacija postojećih kolovoznih ploča (slika 2b) neophodno je postojeći asfaltni kolovozni zastor ukloniti na takav način da ne dođe do oštećenja površinskog sloja betona, ukloniti ili prekriti svu vidljivu armaturu i obaviti adekvatno izravnavanje betonske površine.



(a) *(b)*

Slika 1. *Primeri neadekvatno pripremljenih betonskih površina kolovoznih ploča: (a) nova betonska ploča na kojoj je neophodno obaviti peskarenje ili sačmarenje, (b) oštećenja nastala pri uklanjanju asfalta pri sanaciji postojeće kolovozne ploče.*

Source: (Slike sa gradilišta)

3. UGRAĐIVANJE PRIPREMNOG SLOJA HIDROIZOACIJE

Za izradu pripremnog sloja hidroizolacije koriste se bitumenski i epoksidni prethodni premazi.

3.1. Izrada pripremnog sloja na bazi bitumena

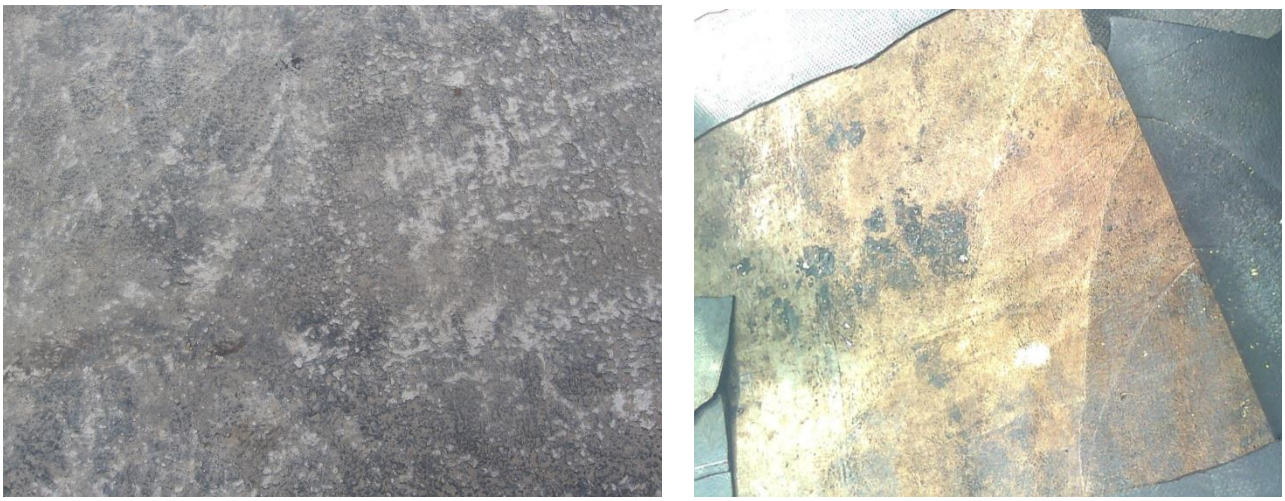
Bitumenski prethodni premazi na bazi rastvarača koriste se za izradu pripremnog sloja hidroizolacije već nekoliko decenija. Ova vrsta premaza penetrira u beton i stvara dobru vezu između betona i bitumenske hidroizolacije. Međutim, bitumen iz ovih rastvora nije u mogućnosti da stvori branu koja će sprečiti oslobađanje vodene pare za vreme ugrađivanja bitumenskih traka po vrućem postupku [6].

Bitumenski prethodni premaz se nanosi četkom ili valjkom u količini od oko 400 g/m^2, u jednom sloju, na takav način da se potpuno prekrije tretirana betonska površina i ostvari kontinualan film veziva na njoj. Pri tome, važno je da betonska površina bude suva i čista radi ostvarivanja dobre veze sa podlogom. Pre ugrađivanja ostalih slojeva hidroizolacije, prethodni premaz mora biti potpuno suv, pošto ostatak rastvarača može izazvati pojavu mehurova.

Na slikama 2a i 2b prikazani su primeri neadekvatno nanetog bitumenskog prethodnog premaza, i to: na slici 2a slučaj neostvarenog kontinualnog filma veziva na podlozi i na slici 2b tipičan primer nedostatka veze između bitumenskog prethodnog premaza i betonske podloge.

Pri upotrebi bitumenskog prethodnog premaza moguće je obaviti izravnavanje manjih lokalnih neravnina na betonskoj podlozi pomoću polimer-bitumenske mase za lepljenje, koja se ugrađuje po toplom postupku, ravnomernim nalivanjem u količini od oko 2 – 3 kg/m^2. Bitumenska masa za lepljenje je homogena mešavina polimer-bitumena i punila, koja zagrevanjem postaje tečna, a nakon hlađenja očvršćava.

Vrlo je bitno da upotrebljena bitumenska masa može da izdrži direktno varenje bitumenskih traka i da je komaptibilna sa upotrebljenom hidroizolacijom. Takođe, potrebno je obaviti pravilnu pripremu bitumenske mase za ugrađivanje, odnosno ona se mora zagrevati na kontrolisan način u mešalici sa indirektnim grejanjem, uz stalno mešanje i kontrolu temperature. Mora se strogo poštovati radna temperatura i vreme izlaganja mase grejanju. U praksi se ovo često ne poštuje, pa usled nekontrolisanog zagrevanja bitumenske mase dolazi do njene degradacije još pre ugrađivanja.



(a) *(b)*

Slika 2. *Primeri neadekvatno nanetog bitumenskog prethodnog premaza: (a) neostvaren kontinualan film veziva iz prethodnog premaza na podlozi, (b) nedostatak veze između bitumenskog prethodnog premaza i betonske podloge.*

Source: (Slike sa gradilišta)

3.2. Izrada pripremnog sloja na bazi epoksida

Kvalitetnije tehničko rešenje za izradu pripremnog sloja hidroizolacije je primena materijala na bazi epoksidne smole. U epoksidnom sloju ne postoje šupljine ispod hidroizolacije, nema kondenzacije vlage na betonskoj površini tretiranoj smolom i postiže se bolja prionljivost hidroizolacije [3]. Za to se koristi epoksidna smola bez punila, male viskoznosti i postojana na toplotu, odnosno sposobna da izdrži varenje bitumenskih traka.

Epokidni prethodni premaz se ugrađuje nanošenjem epoksidne smole na betonsku površinu u jednom ili dva sloja u količini od oko 400 g/m^2, uz posipanje kvarcnim peskom. Pri tome treba naročito obratiti pažnju da epoksidni premaz bude posut dovoljnom količinom kvarcnog preska da se obezbedi potrebna hrapavost površine.

Primena epoksidnog premaza iziskuje obraćanje pažnje na ambijentalne uslove (temperaturu i vlažnost podloge i vazduha) za vreme izvođenja radova.

U ovom slučaju, moguće je obaviti izravnavanje betonske podloge ugrađivanjem epoksidnog premaza u dva sloja ili ugrađivanjem epoksidnog maltera. Za izravnavanje neravnina na betonskoj kolovoznoj ploči mosta dubine do 5 mm na epoksidni prethodni prethodni premaz nanosi se epoksidni malter sa odnosom epoksidna smola : kvarcni pesak od 1 : 3 do 1 : 4. Udubljenja od 5 mm do 20 mm mogu se izravnati sa epoksidnim malterom sa odnosom epoksidna smola : kvarcni pesak od 1 : 6 do 1 : 8. Neravnine dubine veće od 20 mm izravnavaju se polimer-modifikovanim cementnim malterom kratkog vremena očvršćavanja, visoke čvrstoće i kompenziranog skupljanja.

Prednosti primene epoksidnog maltera za izravnanje betonske podloge su: mogućnost promenljive debljine ugrađenog maltera, homogeno negovanje, ojačanje betonske podloge, negovanje se završava posle 2 dana od nanošenja [6].

U Srbiji za izradu pripremnog sloja hidroizolacije koriste se uglavnom bitumenski prethodni premazi. Upotreba eposkidnog prethodnog premaza je retka. Postoji veliki otpor primeni epoksidnog prethodnog premaza, čemu je verovatno više uzrok neiskustvo u primeni ove vrste materijala nego ekonomski faktor. Na osnovu iskustava iz prakse, upotreba ove vrste materijala je neophodna, naročito pri rekonstrukciji postojećih mostova sa teškim i vrlo teškim saobraćajnim opterećenjem.

Ukoliko se ne obavi pravilno izravnavanje, neravnine na betonskoj podlozi će se ocrtavati i na izvedenom hidroizolacionom sloju, što će biti uzrok oštećenja ugrađenih bitumenskih traka za vreme ugradnje asfaltnog sloja ili u toku eksploatacije i nastanka mehurova usled zaostalih vazdušnih džepova.

Problem koji se često sreće u praksi je i neodgovarajuće izravnavanje manjih neravnina na betonskim kolovoznim pločama cementnim malterima (slika 3). Nanošenje cementnog maltera u tankom sloju, uz neodgovarajuće negovanje, a naročito pri ugrađivanju polimer-bitumenskih traka na vlažan malter, uzroci su loše prionljivosti izvedenih hidroizolacionih radova, bez obzira na kvalitet varenja bitumenskih traka.



(a) *(b)*

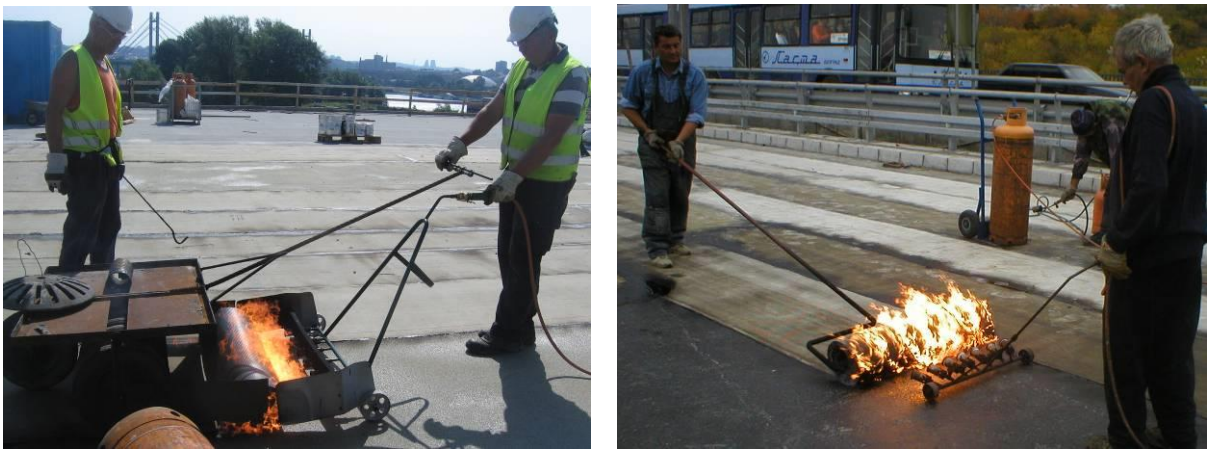
Slika 3. *Primeri neadekvatnog izravnavanja betonske površine cementnim malterom.*
Source: (Slike sa gradilišta)

4. UGRAĐIVANJE POLIMER-BITUMENSKIH TRAKA

Hidroizolacija će zaštititi kolovoznu ploču samo ukoliko je pravilno i stručno ugrađena i čvrsto vezana za kolovoznu ploču. Oštećene ili slabo vezane hidroizolacione trake mogu dovesti do ozbiljnih oštećenja asfaltnog zastora kao što su prsline, pukotine i rupe. Najbitniji trenutak u eksploatacionom veku hidroizolacionih traka je ugrađivanje, pošto tada većina problema i nastaje.

Pri varenju polimer-bitumensku traku treba tretirati jednakim plamenom po celoj širini rolne, tako da se bitumenski sloj sa donje strane trake ispod uloška dovoljno rastopi i da se obezbedi potpuno vezivanje trake za podlogu po celoj površini, bez formiranja vazdušnih mehurova. Rastopljeni bitumenski sloj treba da se izlije duž cele dužine rolne, a naročito duž preklopa. Neposredno po ugrađivanju, polimer-bitumensku traku treba obavezno pomoću odgovarajućeg valjka ili nekog drugog sredstva ravnomerno pritisnuti na podlogu, da bi se po celoj površini zalepila i da bi se iz preklopa isterao zaostali vazduh.

Polimer-bitumenske trake se vare pomoću mašina za varenje – višecevnih brenera ili ručno pomoću brenera (slike 4 i 5). Pri tome treba voditi računa o temperaturi plamena, udaljenosti plamena od trake i brzini zagrevanja.



(a) *(b)*

Slika 4. *Varenje polimer-bitumenskih traka višecevnim brenerom.*
Source: (Slike sa gradilišta)



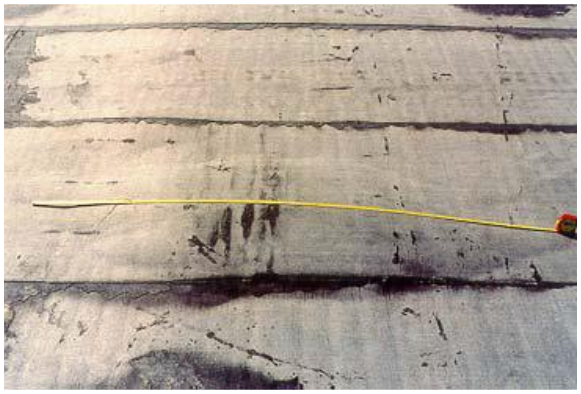
(a) *(b)*

Slika 5. *Varenje polimer-bitumenskih traka ručnim brenerom: (a) pravilno ugrađivanje, (b) nepravilno ugrađivanje.*
Source: (Slike sa gradilišta)

Ugrađivanje bitumenskih traka treba početi na nižoj strani kolovozne ploče mosta, tako da traka koja je na višem nagibu preklapa traku u nižem položaju. Ugrađuju se u smeru odvijanja saobraćaja. Preklopi na uzdužnim i poprečnim spojevima rolni treba da budu najmanje 10 cm, a poprečni spojevi rolni treba da budu pomereni najmanje 50 cm u odnosu na poprečne spojeve rolni iz susednog reda. Sa posebnom pažnjom zreba izvesti hidroizolaciju svih detalja na kolovoznoj ploči (slivnici, dilatacije i dr.). Temperatura vazduha pri ugrađivanju polimer-bitumenskih traka mora biti najmanje +5°C, a podloga ne sme biti zamrznuta.

Bez obzira na uzrok, ukoliko su trake neadekvatno ugrađene to može dovesti do njihovog bušenja, pojave mehurova ili njihovog pucanja u nekom trenutku u toku eksploatacije. To će dovesti do slabljenja trake, prodiranja vode i hlorida u konstrukciju, što na kraju rezultira propadanjem asfaltnog zastora (pojavi pukotina i rupa na asfaltnom sloju).

Najveći problem u praksi pri izvođenju hidroizolacije je pojava mehurova. Polimer-bitumenske trake se ugrađuju po vrućem postupku, što dovodi do opterećenja betonske podloge visokim temperaturama. Pri tome dolazi do oslobađanja vlage iz betona što rezultira u formiranju mehurova između betonske površine i hidroizolacije (slika 6)[6]. Takođe, ako su pri ugrađivanju polimer-bitumenskih traka zaoostali zarobljeni vazdušni džepovi između hidroizolacije i podloge njihova ekspanzija će dovesti do formiranja mehurova. Pod uticajem sunčevog zračenja za vreme letnjih meseci mehurovi formirani za vreme ugrađivanja hidroizolacije mogu se uvećati. I ugrađivanje asfaltnog sloja može doprineti stvaranju i povećanju mehurova, pri čemu dolazi do pojave jastuka na zastoru.



Slika 6. *Mehur na izvedenom hidroizolacionom sloju.*
Source: [6]

Neki od brojnih uzroka koji mogu oslabiti proinljivost trake za kolovoznu ploču i dovesti do pojave mehurova su: neadekvatna ugradnja, odnosno loš kvalitet varenja bitumenske trake (slika 7a), prljava betonska površina tretirana prethodnim premazom (slika 7b), hrapavost i neravnine na betonskoj površini, neravnomerno nanet ili neadekvatno odnegovan prethodni premaz i vlaga iz betonske podloge.

Ukoliko su mehurovi vidljivi, izvedena hidroizolacija se mora popraviti pre ugrađivanja asfaltnog zastora. Uklanjanje mehurova je neophodno da bi se ostvarila uspešne performanse asfatnog zastora. Zaostali veći mehurovi između hidroizolacije i betonske podloge, pod dejstvom saobraćajnog opterećenja, će se pomerati i stvarati nestabilnu podlogu za asfaltni zastor, što će dovesti do njegovih deformacija usled zamora.

Sa druge strane, ukoliko je hidroizolacija pravilno izvedena i bitumenska traka ima dobru prionljivost za betonsku podlogu malo je verovatna pojava mehurova.



(a) *(b)*

Slika 7. *Uzroci loše prionljivosti hidroizolacije: (a) loš kvalitet varenja polimer-bitumenske trake, (b) prljava betonska površina tretirana bitumenskim prethodnim premazom.*
Source: (Slike sa gradilišta)

5. ISPITVANJE KVALITETA IZVEDENIH HIDROIZOLACIONIH RADOVA

Čvrstoća veze, odnosno prionljivost, izvedene hidroizolacije za betonsku kolovoznu ploču mosta, kao i prionljivost između slojeva sistema, uključujiući i asfaltne slojeve, direkno utiče na trajnost i funkcionalnost cele kolovozne konstrukcije. Nedovoljna čvrstoća veze između izvedene hidroizolacije i betonske podloge, kao i između ostalih slojeva kolovozne konstrukcije dovode do oštećenja površine kolovoza, kao što su: proklizavanje asfalta preko hidroizolacije, pojava pukotina i kolotraga.

Kvalitet izvedenih hidroizolacionih radova određuje se ispitivanjem čvrstoća veze – prionljivosti između ugrađene bitumenske trake za hidroizolaciju i betonske podloge – ‘’pull-off test’’. Ispitivanje se može obaviti prema standardu SRPS EN 13596:2011 [7]. ili prema autrijskoj specifikaciji RVS 15:03:12:2003 [8]. Iste metode se koriste i za ispitivanje čvrstoće veze između asfaltnog i hidroizolacionog sloja.

Prionljivost bitumenske trake za betonsku podlogu, prema standardu SRPS U.M3.304 2013 [9] i nemačkoj tehničkoj specifikaciji ZTV-ING, Teil 7 / TL/TP Bel-B Teil 1 [10] treba da iznosi:

- na 8°C najmanje 0,7 N/mm^2
- na 23°C najmanje 0,4 N/mm^2.

Prema austrijskoj specifikaciji RVS 15.03:12:2003 [8] prionljivost izvedene hidroizolacije za betonsku podlogu ispituje se na 0°C i prosečna vrednost mora biti najmanje 0,8 N/mm^2, odnosno 0,4 N/mm^2 za pojedinačna ispitivanja.

Pri izradi dvoslojnog hidroizolacionog sistema, sa ugrađivanjem bitumenske trake u dva sloja, kvalitet izvedenih radova ispituje se određivanjem čvrstoće veze – ‘’pull-off test’’ samo na prvom hidroizolacionom sloju. Prionljivost drugo hidroizolacionog sloja se određuje vizuelno i pregledanjem površine lancem.

Čvrstoća veze asfaltnog sloja i izvedene hidroizolacije prema ZTV-ING / TL/TP Bel-B Teil 1 [10] treba da iznosi na 8°C najmanje 0,5 N/mm^2 i na 23°C najmanje 0,3 N/mm^2. Prema Priručniku za projektovanje puteva (J.P. Putevi Srbije) prosečna vrednost čvrstoće veze zaštitnog asfaltnog sloja za hidroizolaciju treba da bude najmanje 1,0 N/mm^2, a pojedinačna vrednost najmanje 0,7 N/mm^2 [5].

Svi nedostaci i nepravilnosti u pripremi betonske podloge, ugrađivanju pripremnog sloja hidroizolacije, kao u ugradnji polimer-bitumenskih traka utiču na kvalitet čvrstoće veze i odslikavaju se u rezultatima ispitivanja. Na slici 8a prikazan je primer načina preloma pri ispitivanju prionljivosti izvedene hidroizolacije sa polimer-bitumenskim trakama pri dobroj prionljivositi polimer-bitumenske trake zavarene za betonsku podlogu tretiranu epoksidnim prethodnim premazom. Na slikama 8 b i c prikazana su dva primera načina preloma pri lošoj prionljivosti: (b) primer preloma u slučaju polimer-bitumenske trake zavarene za betonsku podlogu tretiranu epoksidnim premazom koja nije posuta peskom i (c) primer preloma u slučaju polimer-bitumenske trake zavarene za betonsku podlogu izravnatu na neadekvatan način cementnim malterom.



(a)



(b)



(c)

Slika 8. *Primeri preloma pri ispitivanju čvrstoće veze izvedene hidroizolacije: (a) dobra čvrstoća veze, (b) i (c) loša čvrstoća veze.*
Source: (Slike sa gradilišta)

6. ZAKLJUČAK

Za hidroizolaciju kolovoznih ploča na betonskim mostovima polimer-bitumenskim trakama u Srbiji se uglavnom koriste jednoslojni sistemi sa ugrađivanjem polimer-bitumenske trake u jednom sloju varenjem, uz primenu bitumenskog prethodnog premaza. Primena epoksidnih premaza za izradu pripremnog sloja hidroizolacije, kao i dvoslojnih hidroizolacionih sistema, još uvek je retka i ne shvata se prednost ovakvog tehničkog rešenja.

Uzroci loše izvedene hidroizolacije vezani su za više faktora: kvalitet i stanje betonske kolovozne ploče, kvalitet pripreme betonske površine, vremenski uslovi pri izvođenju radova, postupak izvođenja hidroizolacionih radova, svojstvo prionljivosti i karakteristike hidroizolacionog materijala koji se ugrađuje, temperaturu asfaltne mase pri ugrađivanju, sastav i zbijenost ugrađenog asfaltnog sloja i saobraćajno opterećenje.

Pri primeni hidroizolacionih sistema sa polimer-bitumenskim trakama za hidroizolaciju betonskih mostova, potrebno je shvatiti značaj i obratititi više pažnje na pripremu betonske površine kolovozne ploče i kvalitet ugrađivanja hidroizolacije.

Pod pojmom projektovanje hidroizolacije na mostovima naši projektanti uglavnom podrazumevaju hidroizolaciju dela kolovozne ploče ispod asfaltnog zastora, ne uzimajući u obzir da je to samo deo ploče koji je potrebno zaštititi od prodora vode. Deo kolovozne ploče ispod pešačkih ili revizionoh staza po pravilu ostaje nezaštićen. Zaštita betonske površine pešačkih ili revizionoh staza retko se izvodi, a i ukoliko je izvedena retko se koriste materijali koji omogućavaju trajniju zaštitu od prodora vode.

Literatura

[1] Partl M. N., Hean, S. 2002. Practical Aspects of Interaction Between Mastic Asphalt and Waterproofing Components in Bridge and Tunnel Construction. Performance of Bituminous and Hydraulic Meaterials in Pavements.Swet & Zeitinger, Lisse, 57-63.

[2] Momčilović, T.; Pap, I.; Smiljanić, M. 2002. Hidroizolacioni sistemi i karakteristike bitumenskih traka za betonske mostove, Institut za puteve. 31: 41-49.

[3] Colldin, Y. 1991. Waterproofing Systems for Concrete Bridges in Europe, Swedish Road and Transport Research Institute, Sweden.

[4] Johnson, R. 1987. Hystory and Development of Modified Bitumen, 8th Conference on Roofing Technology, Gaithersburg, USA.

[5] Republika Srbija, Projekat rehabilitacije transporta. 2012. *Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji*. J.P. Putevi Srbije.

[6] Dorr, G. et al., 2000. Bridge deck Waterproofing with Bitumen Sheets, 11th International Waterproofing & Roofing Congress, Florence.

[7] SRPS EN 13596:2011. Fleksibilne trake za hidroizolaciju – Hidroizolacija betonskih mostova i drugih saobraćajnih površina za vozila – Određivanje čvrstoće veze.

[8] RVS 15:03:12:2003. Brücken - Bauausführung – Brückenabdichtungen - Abdichtungen mit polymerbitumenbeschichteten Bahnen. FSV, Austria

[9] SRPS U.M3.304 2003. Fleksibilne trake za hidroizolaciju – Ojačane bitumenske trake za hidroizolaciju betonskih mostova i drugih saobraćajnih površina – Definicije i karakteristike – Zahtevi za kvalitet za nacionalnu implementaciju standarda SRPS EN 14695.

[10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten - ZTV-ING, Teil 7 Brückenbeläge, Abschnitt 1: Brückenbeläge auf Beton mit einer Dichtungsschicht aus einer Bitumen-Schweißbahn. 2003. FGSV-Regelwerk, Germany.

REGIONAL BALKAN CASE STUDIES OF GEOSYNTHETIC REINFORCED SOIL STRUCTURES AND ASPHALT REINFORCEMENT USED FOR THE CONSTRUCTION OF NEW OR UPGRADED HIGHWAY ROUTES. DESIGN ASPECTS, PHILOSOPHY AND CONSTRUCTION EXPERIENCES

N. Corney
Huesker Synthetic GmbH, Gescher, Germany

D. Alexiew
Huesker Synthetic GmbH, Gescher, Germany

Marija Bakrac,
Geoestetika DOO, Belgrade, Republic of Serbia

ABSTRACT:

This paper describes a number of reinforced soil structures built as key elements within the construction of a number of highway projects within the last 5 years. The projects are located within the Republic of Serbia, Montenegro and Bulgaria and include reinforced soil structures with a variety of facings.

Serbian projects include the 9.5m high green faced bridge approach embankments on the 2008 *Belgrade Bypass*, *Surcin - Orlovaca Section,* and the 2010 construction of the *Pancevo-Vrsac Bridge Abutment*. Whilst an example from neighbouring Montenegro looks at the use of reinforced green faced slopes on the *Bijelo Polje Ring Road* project. With respect to asphalt reinforcement the recent (2011 and 2012) example of the rehabilitation of a section of the route Airport-Bubanj potok through central Belgrade will be detailed.

Within Bulgaria this paper will highlight two hard faced reinforced soil wall options; namely the *Muralex*® system which provides a 'gabion' type facing solution used on the *Road III-868 Devin–Mihalkovo* project in the southern Rodopi Mountains, with 28 separate reinforced soil structures built the tallest being in excess of 20m high. This project was constructed between 2008 to 2011.

Additionally a segmental concrete block faced vertical wall system used for the approach embankments on an elevated interchange on the *Sofia Ring Road* project from 2011-12 will be described.

The project environments, problems and typical solutions are described, as well as design and calculation insights, with typical cross-sections and photographs illustrating the specific points of interest.

Some important construction related issues and first hand experiences are also reported with respect to the these individual projects.

Keywords: [Geosynthetic, Reinforcement, Highway, Embankment, Asphalt, Seismic]

1 INTRODUCTION

1.1 *Geosynthetics in the Balkans*

The use of geosynthetics in the Balkan countries of South Eastern Europe (SEE) is a well established practice. This dates back to the introduction of simple geotextile separators within civil engineering applications some 30 years ago, then in more recent times this has further developed into the use of lightweight reinforcement products such as woven geotextiles and ultimately the use of geogrids to create reinforced soil structures. Whilst the use of geogrid products has been well established over the last decade the types of structures now being constructed from geosynthetic reinforcement in the form of reinforced soil structures has become more sophisticated and ambitious.

The development of a comprehensive integrated highway network (Trans-European Transport Corridors) throughout SEE over the last 12 years has provided the opportunity for these types of structures to become more common place from Croatia in the North to FYR Macedonia and Greece in the South.

The following summary of recent projects aims to illustrate by example the a range of experiences from within this region. The reinforcement used in these projects is typically a ***BBA*** (*British Board of Agrement*) Certified product in the form of a flexible, woven or knitted Polyester (PET) geogrid. The particular structures and applications highlighted within these case studies help to illustrate the diverse application possibilities of geosynthetic reinforcement within any infrastructure project, especially in an area where seismic activity necessitates the construction of ductile structures. The reports aim to provide a brief outline of the individual applications without necessarily detailing every design aspect.

2 PROJECT REPORTS

2.1 ***Republic of Serbia***

2.2 ***2008: Belgrade Ring Road, Surcin - Orlovaca Section***

Main Contractor: PLANUM

Sub-Contractor for Reinforced Soil Walls: *UNOGRADNJA V.V.d.o.o.*

Reinforced Soil Designer: *HIGHWAY INSTITUTE, Belgrade*

This particular reinforced soil structure was used to construct the approach embankment to the abutment for a reinforced concrete viaduct structure at Zeleznik, which carries the ring road for approximately 0.5km. The approach embankment is some 120m in length and extends to a height of 9.5m at its highest. Only one side of the embankment had to be constructed using reinforced soil as the opposite side merged with an existing hillside slope.



Figure 1. View of completed abutment and Green Slope formed from reinforced soil

The reinforced soil slope was formed using a flexible PET geogrid with a wrap around front face in 500mm vertical lifts with a fine green mesh used to retain the soil behind the front face wrap around. Permanent lost formwork of angled steel mesh panels was used to form the front face and assist in keeping the correct geometry and alignment along the slope face.



The slope angle was formed at 68° with small horizontal berms (<100mm) located between each of the vertical lifts. These steps assist in the preservation of the vegetated cover to the slopes, acting as miniature infiltration zones for rain water run off to infiltrate into the soil mass supporting the vegetated front face.

To ensure satisfactory establishment of vegetation a topsoil wedge was formed immediately inside the front face warp around.

Figure 2. Start of construction of reinforced soil slope

This topsoil layer is typically 250 to 300mm thick and is 'heeled' into place by foot rather than compacted by mechanical methods. This loose compaction enables air to enter the soil mass and for the vegetation to become more readily established. Often the use of local topsoil can be of benefit as it contains a seed bank of local plants and grasses already, thereby negating the need for any supplementary hydra-seeding.
The overall construction period for this structure was approximately 10 weeks.

2.2.1 ***2010 Pancevo-Vrsac Bridge Abutment***

Main Contractor: VOJVODINAPUT PANCEVO
Design Consultant: *HIGHWAY INSTITUTE, Belgrade*

An existing road bridge which crossed a dual line railway had to be upgraded and widened to allow for anticipated increased capacity of the bridge.

The existing approach abutments were in a very bad condition and as a direct consequence the run-on, run-off slabs to the bridge deck had become badly cracked and distorted. The designers therefore decided to replace the existing abutments with reinforced soil structures which would carry the road onto the newly widened bridge deck.



Figure 3. Completed reinforced soil abutment

A reinforced soil structure was adopted as the solution using flexible, coated PET geogrids as the primary reinforcement elements. The structure was approximately 6m high with slope faces formed at 45° to ensure that that future vegetation would establish and survive long after construction. The external faces were again formed using the 'wrap around' technique; the designers chose to incorporate a non-woven geotextile between the geogrid and the steel mesh formwork panels. These angled panels ensured the correct geometric shape of the abutment was met.

2.2.2 ***2010 E75 Highway: Belgrade Highway Rehabilitation***

Main Contractor: PORR
Sub-Contractor: RATKO MITROVIC NISKOGRADNJA
Design Consultant: *HIGHWAY INSTITUTE, Belgrade*

This case study reports on the use of a geosynthetic composite reinforcement used in the rehabilitation of a major urban highway, in the form of asphalt reinforcement.



The asphalt wearing course and binder layer of this dual carriageway (Airport-Bubanj Potok) had become damaged by reflective cracking, likely caused by the degradation of the cement stabilised base underlying the whole road. The rehabilitation works designer specified an asphalt reinforcement product to be incorporated into the new asphaltic layers to mitigate against the reoccurrence and propagation of the reflective cracking upwards into the asphalt wearing course.

Figure 4. Asphalt fatigue in road surface

The selected asphalt reinforcement product was a bi-axial 50kN PET geogrid with an ultra lightweight ($20g/m^2$) polypropylene non-woven geotextile backing material; the whole product came with a bituminous coating to assist installation and ultimately enhance the effective reinforcement bond to the asphaltic layers immediately above and below it.

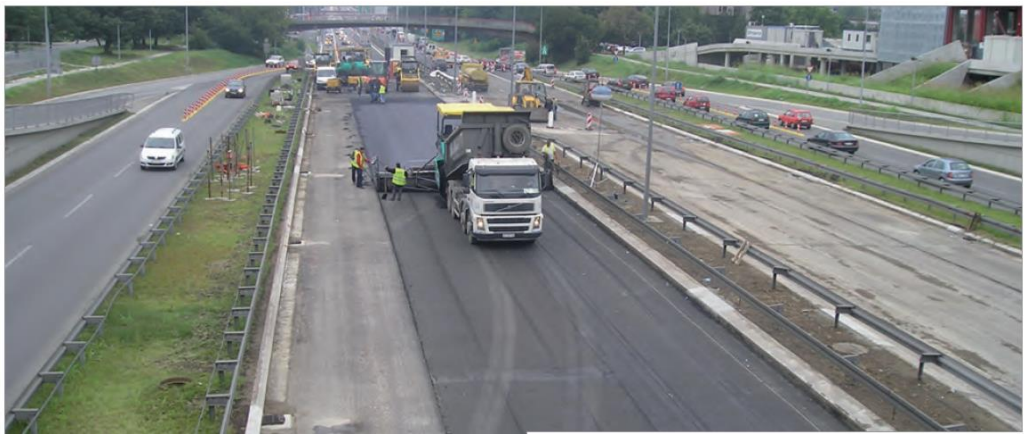


Figure 5. Asphalt wearing course being laid over *HaTelit* asphalt reinforcement

The technique of introducing a polymeric reinforcement into bituminous pavements has been proven to extend the overall working life of the pavement by up to three times. Such performance enhancement of the road has the benefits of reduced future maintenance costs as well as an extended ride quality for the highway users. In particular the residual strength of Polyester asphalt reinforcement products after installation has taken place is important to note; other more brittle reinforcement fibres can fracture at a microscopic level during the compaction of the hot asphalt overlay, thereby leaving little strength in the as installed reinforcement material.



Figure 6. HaTelit asphalt reinforcement being laid

In this particular project the top two layers of asphalt were removed by milling to a depth of 15cm. The milled surface was then brushed clean before a bituminous emulsion (polymer modified) was sprayed onto the milled surface and allowed to 'break'.

Once the emulsion had become sticky the reinforcement was unrolled across the surface with the assistance of an installation device to ensure smooth and accurate placement. The reinforcement was rolled with a light tandem roller before the hot mix asphalt was placed and compacted over it.

2.3 *Montenegro*

2.3.1 *2009-10 E760 Bijelo Polje Ring Road*

Road Design Company: URBIS DOO, Novi Sad
Main Contractor: PUTEVI UZICE
Reinforced Soil Design: HUESKER Synthetic GmbH

Bijelo Polje is a town in northern Montenegro. It has a population of approximately 16,000 and is the center of the municipality of the same name. The majority of the town is concentrated on the flat terraces either side of the river which flows in a north – south direction between hillsides to the east and west. The newly constructed M21 (E673) ring road passes the town on the western side and is located on the hillsides overlooking the town. The bypass was required to assist the flow of through traffic without entering the town centre and causing additional congestion.



Figure 7. Completed 'Green Slopes'

The original design for this project detailed reinforced concrete retaining walls to provide the elevated platform required for the route to follow the agreed alignment without excessive cutting into the existing hillside. This retaining structure was ultimately designed as a reinforced soil structure utilising flexible PET geogrids.
The Phase 1 works were approximately 500m in length and required some 120m of retaining structures ranging in height from 4.5m to 6m. The contractor adopted the proposals for a green faced reinforced soil structures to replace the reinforced concrete retaining walls which had been proposed in the original scheme design.

The use of a reinforced soil system meant that the face of the retaining structures could be vegetated which made them more sympathetic with the surrounding green hillsides. The use of the reinforced soil also importantly allowed the re-use of site excavated fills for the backfill material which greatly assisted the cut and fill balance of the project overall.



Figure 8. During Construction

The additional economic and environmental benefits of using reinforced soil rather than reinforced concrete was also an important benefit in the adoption of this type of structure for the retaining walls.

The reinforced soil slope design was carried out by geosynthetic manufacturer HUESKER Synthetic GmbH. The design specified a wrap around faced, geogrid reinforced structure, with a 'lost' steel facing system which acts as a temporary formwork during construction as well as a permanent protection facing in the longer term.

The construction process is illustrated below in Figure 9 and involves the use of a flexible PET geogrid laid in horizontal layers at 500mm vertical lifts, with a finer green mesh used to retain the topsoil behind the front face. A high quality granular backfill was used in the soil block immediately behind the front face topsoil to ensure that the front alignment was maintained during the construction process.

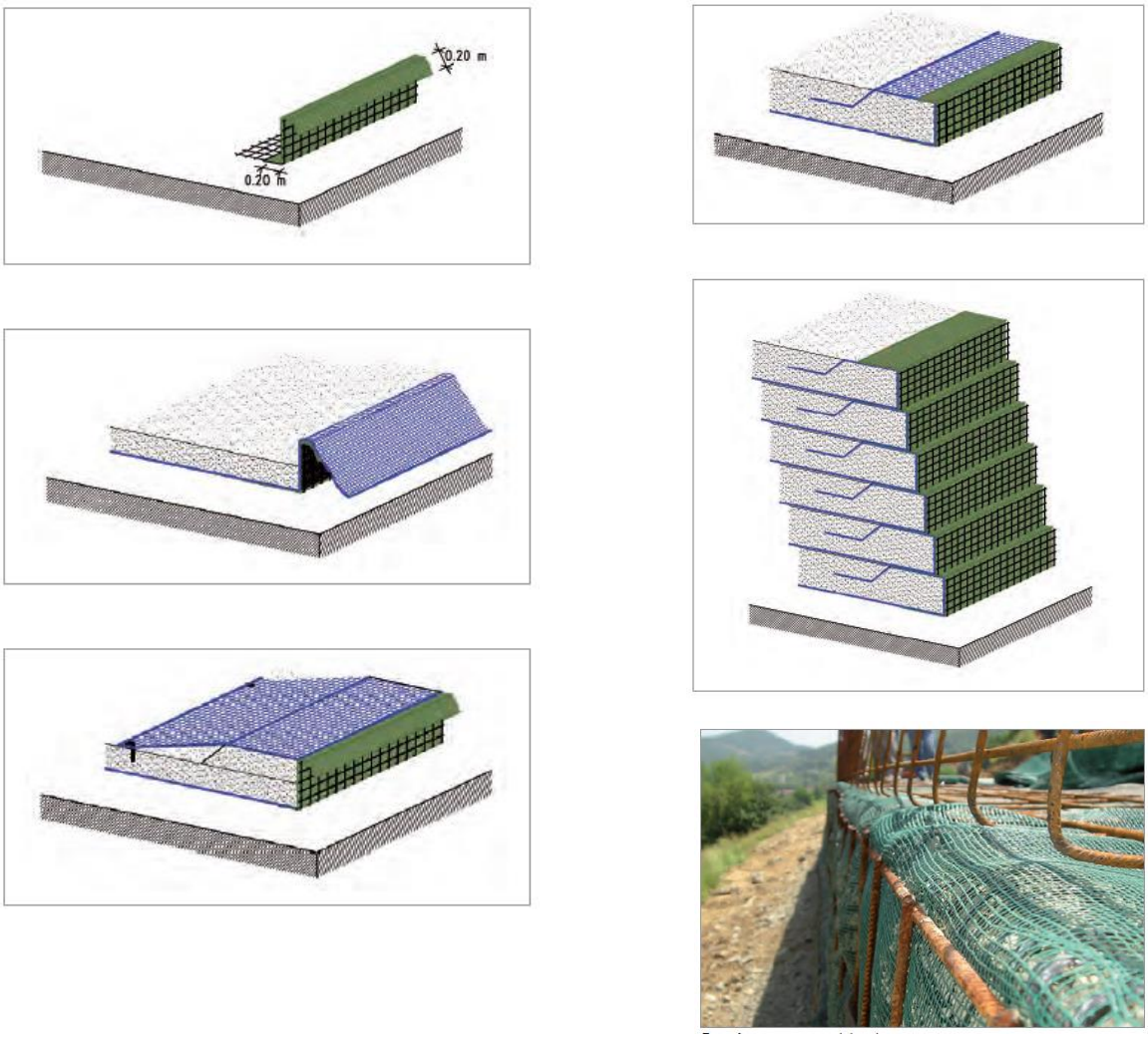


Figure 9. Sequence of works for reinforced soil construction

2.4 *Bulgaria*

2.4.1 *2007-10 Road III-868 Devin–Mihalkovo*

Road Design: BURDA Company, Bulgaria
Main Contractor: ALPINE MAYREADER, Austria
Specialist Consultant: Geo Kraft

This landmark project involved the relocation of an existing road to higher ground, necessitated by the construction of a hydroelectric power plant and associated dam. The new road was required because the lake which was to be created behind the dam would cover the existing road route. The new route followed the contours of the hillsides along which it had to traverse. This created the need for numerous retaining structures to support the new road above the topography of the existing terrain. To achieve the required number of structures it was determined that reinforced soil structures would offer the most economic and adaptable solutions to ensure the success of the project.



A number of reinforced soil structures were required to support the sections of the road as it passed through the very difficult terrain of the Rodopi Mountains. These structures were all constructed with the use of flexible PET geogrids, but also incorporating a hard stone facing system known as '*Muralex*'.

There were 28 separate structures required along the road route, in total some 2km length of reinforced soil structures were constructed. The maximum height required was 24m with the stone facing system at an inclination of 10v to 1h.

Figure 10. 12m high *Muralex* wall under construction



A number of different typical sectional geometries and fill volumes were designed ranging from a smooth faced option to those incorporating a single or double berm.

The structures were all designed by Geo Kraft with the assistance of Huesker Synthetic GmbH. The wall designs had to include seismic loadings in accordance with Zone VIII acceleration forces.

The flexibility of design made it easier for the contractor to rationalise the site disposal and associated haulage of rock fill material along the route of the new road. The reinforced soil structures were all constructed with a flexible PET geogrid using site excavated materials which combined to make them a very cost effective solution when compared to the cost of having to remove and dispose of site won fill materials off site.

Figure 11. *Muralex*: Construction Detail

The front face cladding system (*Muralex*) consists of a zinc coated steel mesh face panel held at defined points in front of the geogrid wrap around face reinforced soil block, thus creating a void for the retention of crushed rock fill.

This particular system is considered as a wall facing system only, supporting its own weight and offers the following distinct advantages:-

- The separation of the reinforced soil block and the *Muralex* facing ensures a well compacted high quality earthwork structure.
- The *Muralex* system can be attached to the front face reinforced soil wall after it has been constructed, or even during the construction process. In this way potential differential settlements between the reinforced soil block and the face cladding can be minimised, thereby not affecting the long term stability of the facing system.
- The entire system is very ductile and consequentially it is less sensitive to earthquake impact and damage than more rigid structures would be.
- In the case of any future damage to the facing system, (vehicle impact), the individual panels can be readily repaired or replaced without compromising the structural integrity of the overall structure.



Figure 12. *Muralex* Facing: Under Construction

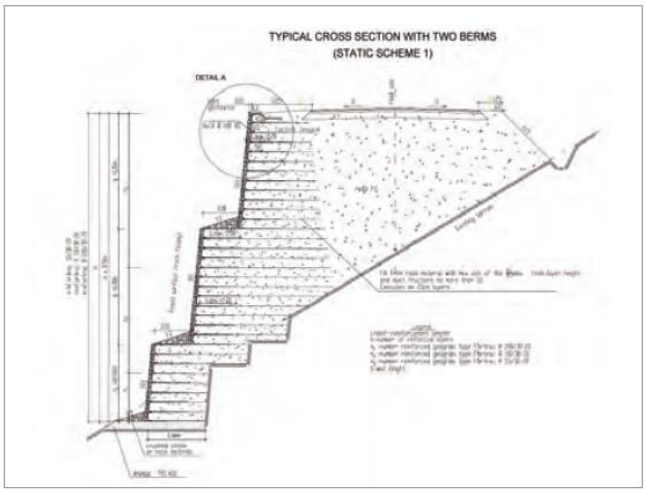


Figure 13. *Muralex* Conceptual Cross section

2.4.2 ***2011-12 Sofia Ring Road***

Road Design Company: VIAPLAN, Sofia
Main Contractor: GLAVBOLGARSTROY Infrastructure
Reinforced Soil Consultants: HUESKER Synthetic GmbH, GEO KRAFT D.O.O.

The ring road of Sofia (the Bulgarian capital) has been under reconstruction for several years. A series of new viaducts and traffic interchanges within the overall radial highway project was planned, and the existing two-lane express way was to be replaced with a new six-lane (3+3) highway. The construction works are co-financed by the European Union through the European Regional Development Fund.

In the so called "Southern bow" (km 42+800 to km 44+720) two complex multiple intersections with long viaducts and approach ramps had to be constructed: "Mladost" at km 43+023 and "Kliment Ohridski" at km 43+760. Due to the limited ground footprint that was available, and for technical and architectural reasons, the consultants decided that all bridge approaches and road embankments should be constructed with a reinforced soil system with near vertical facings of concrete segmental blocks, hereafter called GRSB (geosynthetic reinforced soil - blocks).

The total length of the near vertical walls (6° to the vertical) amounted to 2.1 km and their height up to more than 12 m. The construction works for the entire segment commenced October 2010 and was completed in October 2012.

The conceptual decision for GRSBs was taken based mainly on the positive experience in other countries with these systems during the last ~15 years. The literature reveals that generally geosynthetic reinforced soil (GRS) systems demonstrate higher performance and better cost-efficiency in comparison to conventional gravity retaining walls [1]. Furthermore, they have been shown to have a better behavior in seismic situations [2, 3].

Such a large public transportation project using GRSB of high category and for intensive traffic was for Bulgaria a pioneering work resulting in a careful multiple design, optimization efforts and furthermore presented further efforts to convince the project owner and supervisors of the suitability and applicability of the proposed solution. Additionally, the project presented a few problems during the period of design and construction, including:

- Local soils of relatively low bearing capacity and higher compressibility (because of this fact the viaducts were founded on piles, mainly due to settlements concerns);
- The settlements of the viaduct approaches had to be so far as possible equal to those of the viaducts founded on piles;
- Two major existing water supply pipelines serving Sofia, with diameters of 0.8 and 1.2 m, had to cross the GRSBs almost perpendicularly at their base;
- The high possible seismic impact (magnitude M=9 acc. to Richter) for the Sofia region.

2. PROJECT CHARACTERISTICS

2.1 Geometry

For both intersections, the GRSB-type and 'typical' cross-section geometry have been unified. The wall heights varied along their axes from approximately 3 m to 13+ m, with a facing inclination of typically 6° to the vertical. (Fig. 5).

2.2 Segmental blocks



Figure 14. Split faced concrete block type

For the choice of the segmental block type, the following main aspects were considered: appearance, relative flexibility in the facing plane (see settlements issue above), easy installation, good drainage, full frictional connection to the geogrids and good seismic behavior of the system blocks/geogrids as far as is possibly known. Regarding the appearance, the project owner preferred a "rocky" surface instead of a smooth one (Fig. 14). Hollow blocks with gravel infill were chosen due the preferred frictional connection and drainage. A discussion point was if the blocks should have a "lip" on their front or back side or even if a "lip" is required. Note, that for blocks of both types there are seismic tests confirming their good seismic behavior in combination with flexible geogrids of the family "Fortrac®", see below [4-7].

Finally, segmental blocks as shown in Figure 14 (above), were chosen (with a front "lip") which were very similar to the system used in the successful seismic tests [6, 7].

2.3 Geogrids

During the design studies, geogrids from the family "Fortrac® T" were chosen. The selection was made based on their flexibility, low creep, ultimate strain ε_{ult}<10% resulting in high short- and long-term tensile stiffness, their high bond coefficients to a wide range of soils and the high connection strength to different types of segmental blocks.

A "full length" reinforcing scheme was preferred to an "alternating length" solution (say with shorter intermediate layers), although the latter had been under consideration in the design studies.

In order to optimize the reinforcement from the point of view of costs, minimization of mistakes during installation, easy supervision, simplification of delivery and on-site-stocking and the continuity of the reinforcement scheme along the axes of GRSBs, only three types of geogrids (Fig. 2, right) were used for the entire project.

The vertical spacing between the geogrids was 400mm (one geogrid every two block rows) which was unified for the whole project as well.

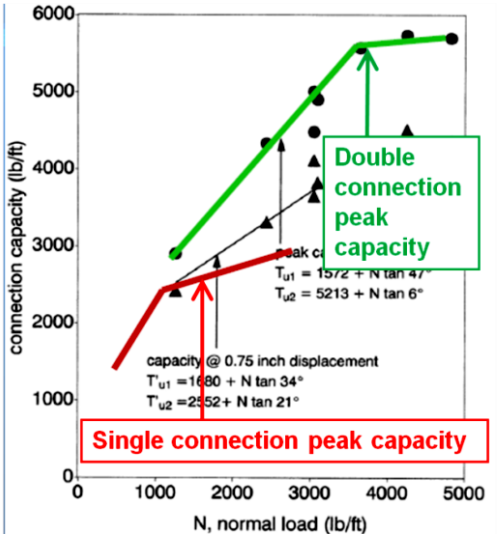




Figure 15. Comparison of single and double layer connection strength: Segmental blocks with *Fortrac*® geogrids

A very specific point was the use of a "double layer connection": the geogrids in the connection interface block/block were to be folded back by 0.8 m (Fig. 13, above). The solution had been tested and patented in the USA with a wide range of *Fortrac*®-geogrids, demonstrating a significant increase in connection strength. In Figure 15 typical results from such a test showing almost a doubling of the connection strength, are displayed.

2.4 Seismic design

The City of Sofia is located in a region of high seismic activity with a magnitude of 9 according to the Richter scale (The equivalent coefficient of horizontal acceleration: $k_h = 0.27$). These severe seismic conditions were one of the main challenges during the period of design. The Bulgarian concepts for seismic design were adopted for the stability analysis under seismic conditions [10-12]. There are two main specific points in these concepts:

1. The seismic driving forces $F_{seismic}$ are determined by multiplying k_h by a 'coefficient of response' $R_{response} < 1.0$.
2. The angle of internal friction φ is reduced by a Δφ depending on the Richter magnitude. $R_{response}$ depends on the ductility of the structure; being $R_{response} = 0.40$ for rigid brittle structures and $R_{response} = 0.25$ for ductile structures with high energy dissipation such as soil embankments.

Although there are no explicit Bulgarian recommendations for GRS-systems, it is believed that soils reinforced by flexible geogrids are at least as ductile and energy dissipating (keeping their integrity) as non-reinforced soil embankments. Research and experience confirm in fact that GRS demonstrate a very advantageous performance under seismic impact [2-4]. Consequently, in the seismic analyses $R_{response} = 0.25$ was adopted. The reduction Δφ mentioned above was in this case 5.7°.

For more details regarding the "Bulgarian" seismic design see reference papers [3, 13]. Figure 16 illustrates a seismic stability analysis for a typical cross-section and the "static" and "seismic" soil parameters used in the calculations. Remember that the Bulgarian Codes require for seismic conditions a global FOS > 1.10.

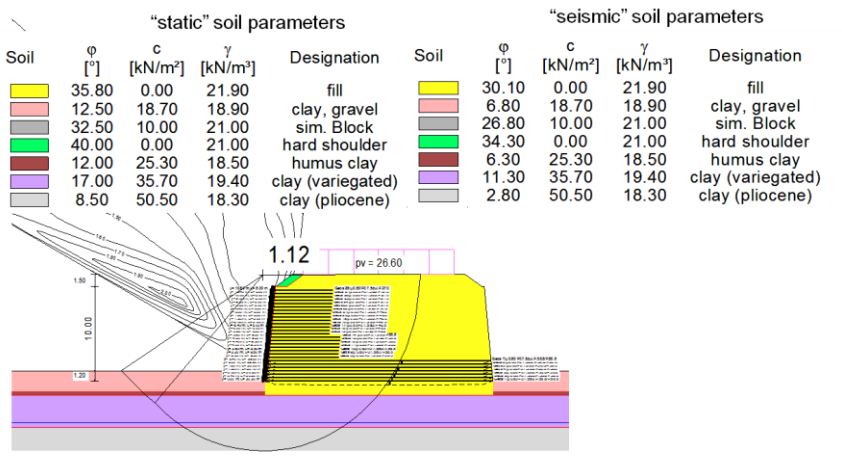


Figure 16. Seismic stability analysis and soil parameters for normal and seismic conditions

4.3 The Pernik Earthquake 'Test'

On 22nd of May 2012, only a few months before completion of the intersections, an earthquake occurred. The epicenter was in Pernik, located approximately 24 km to the southwest of the Bulgarian capital. In Sofia the magnitude recorded was 5.8 on the Richter scale. At that moment most of the bridge approaches had reached their final heights of up to 12 m inclusive of the sensitive zones around the pipeline culvert boxes and the viaduct abutments. The magnitude was relatively modest in comparison to the magnitude assumed in design (9 on the Richter Scale, see Section 3.3), however, the seismic impact could still be regarded as significant. It was expected that no bulging or cracks should have occurred in the facing, but of real interest was the settlement behavior, especially along the structures and in the contact zones to the viaducts.

Immediately after the event an inspection was carried out and it revealed:- No bulging or cracks had occurred in the walls or backfill. No differential settlement along, or across the GRSBs walls could be identified. No differential settlements occurred in the contact area to the viaducts.

Additionally, no cracks or visible disturbances were noted around the pipeline culverts, and no deflections or cracks were observed in the partially installed asphalt pavement (Figures 17 & 18). This first (although modest) "real life" test confirmed the correctness of the design approach and equally reflected the high level of construction quality achieved by the contractor.



Figure 17.No bulging (left), no cracks in the fill and no differential settlement in the approach to bridge (right)



Figure 18. No cracks in the asphalt layers (left), neither horizontal, nor vertical distortion in the contact approach embankment to bridge superstructure (right)

REFERENCES

1. Koseki, J., Bathurst, R.J., Guler, E., et al. 2006. "Seismic stability of reinforced soil walls". Keynote lecture. *Proc.8th International Conference on Geosynthetics*, Yokohama, Japan, vol. 1: 51-77.
2. Tatsuoka, F., Koseki, J., Tateyama, M., Munaf, Y. and Horii, N. 1998. "Seismic stability against high seismic loads of geosynthetic-reinforced soil retaining structures". Keynote Lecture. *Proc.6th International Conference on Geosynthetics*, Atlanta, USA, 1: 103-142.
3. Alexiew, D. 2012. "High geogrid-reinforced walls with a flexible stone filled facing in a mountainous seismic region". *Proc.2nd Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition*, Lima, Peru.
4. Guler, E., Alexiew, D., Basbug, E. 2011. "Dynamic behavior of geogrid reinforced segmental block walls under earthquake loads". Proc. 5th Int. Conf. on Earthquake Geotech. Eng., Santiago, Chile.
5. Guler, E., Alexiew, D., Basbug, E. 2012. "The behavior of geogrid reinforced segmental block walls under earthquake loads". Topic: Soil improvement and Reinforcement. *Proc.5th European Geosynthetics Congress*, Valencia, Spain, vol. 5: 265-269.
6. Ling, H., Mohri, Y., Leshchinsky, D., Burke, C., Matsushima, K., and Liu, H. 2005. "Large-scale shaking table tests on modular-block reinforced soil retaining walls." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 131(4): 465–476.
7. Ling, H., Leshchinsky, D., Mohri, Y., and Wang, J. 2012. "Earthquake response of reinforced segmental retaining walls backfilled with substantial percentage of fines." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 138(8): 934–944.
8. NCMA 2011. Design manual for segmental retaining walls 3rd Edition. USA.
9. EBGEO 2011. Recommendations for design and analysis of earth structures using geosynthetic reinforcements. German Geotechnical Society (DGGT), Ernst &Sohn, Essen-Berlin.
10. CDBSSR 1987. Code for the design of buildings and structures in seismic regions. *KTSU & BAN*, Sofia, Bulgaria. (in Bulgarian)
11. CDRW 1986. Code for the design of retaining walls. *MBI Ministry for building industry*, Bulletin BSA, Vol. XXX/10, Sofia, Bulgaria. (in Bulgarian)
12. SGDSR 1987. Specialties in the geotechnical design in seismic regions. *MBI Ministry for building industry*, Bulletin BSA, Vol. XXXII/11, Sofia, Bulgaria. (in Bulgarian)
13. Jossifowa, S. and Alexiew, D. 2002. "Geogitterbewehrte Stützbauwerke an Autobahnen und Nationalstrassen in Bulgarien". *Proc. 12th Donau-Europäische Konferenz „Geotechnisches Ingenieurwesen",* DGGT, Passau, Deutschland: 389-396.

ISKUSTVA U PRIMENI ADITIVA ZA SNIŽENJE TEMPERATURE KOD PROIZVODNJE I UGRADNJE ASFALTA U SRBIJI

Milorad Smiljanić[1], Imre Pap, Uroš Tatić
[1] Institut za puteve ad Beograd, instput@highway.rs

Rezime: *Proizvodnja i ugradnja asfaltnih mešavina odvija se na ekviviskoznim temperaturama veziva (0,2 i 2,0 Pa x s) i one se kreću za klasične asfaltne mešavine sa bitumenom BIT 60 od 160 ± 10^{0}C kod proizvodnje i 150 ± 10^{0}C kod ugrađivanja. Ukoliko se koriste polimer-modifikovana veziva te temperature su za 10-15^{0}C više u odnosu na bitumen BIT 60. U cilju uštede energije i smanjenje emisije zračenja ugljen-dioksida u svetu se sve više primenjuju aditivi koji snižavaju viskoznost veziva i time snižavaju temperature kod proizvodnje i ugradnje asfalta i do 30^{0}C.*
U radu su prikazani naša iskustva u primeni višenamenskog aditiva REDISET WMX kod proizvodnje i ugradnje asfaltnih mešavina tipa asfaltnog-betona, bitumeniziranog agregata i mastiks asfalta (liveni asfalt). Urađene su tri deonice puta u okolini Ivanjice, Surčina i Beograda i prikazani su rezultati ispitivanja.

Ključne reči: *aditiv za sniženje temperature, bitumen, asfalt.*

1. UVOD

Aditivi za sniženje temperature su polifunkcionalni aditivi na bazi amina površinski aktivnih materija i alkilnih polimera koji se dodaju u bitumen za sniženje ekviviskoznih temperatura kod proizvodnje i ugradnje asfalta. Dodatkom do 2% aditiva u bitumen moguće je sniziti temperaturu za 30 do 40^{0}C, tako da se umesto na 160±10^{0}C proizvodnja asfalta sa bitumenom BIT 60 može sniziti na 130±10^{0}C, a ugradnja, umesto na 150±10^{0}C, može obaviti i na 120±10^{0}C. Ovim se postiže ušteda energije i smanjenje emisije CO_2 gasova i bitumenskih isparenja, što je povoljno sa aspekta zaštite životne sredine i radnih uslova na asfaltnom postrojenju i gradilištu. Pored značajnog ekološkog uticaja aditivi poboljšavaju i atheziju bitumena za kameni agregat, koheziju i ugradljivost asfalta što utiče na trajnost i ekonomsku održivost asfaltnog kolovoza. Aditiv može biti u tečnom stanju, kada se dodaje u cisternu za bitumen ili u obliku ljuspica, kada se preko dozatora dodaje u asfaltni mikser. Lako se rastvara i efekti su skoro trenutni tako da nije potrebno dodatno vreme za umešavanje asfalta.

U radu su prikazani naša iskustva u primeni višenamenskog aditiva REDISET WMX, proizvođača AKZO NOBEL, kod proizvodnje i ugradnje asfaltnih mešavina tipa asfaltnog-betona, bitumeniziranog agregata i mastiks asfalta. Urađene su tri deonice puta u okolini Ivanjice, Surčina i Beograda i prikazani su rezultati ispitivanja.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Vezivo

Ispitivanjem osnovnih karakteristika bitumena BIT 60 (penetracija i tačka razmekšanja po PK) utvrđeno je da dodatak 2% aditiva REDISET WMX malo otvrdnjava bitumen.

U tabeli 1 prikazani su rezultati ispitivanja adhezije bitumena za agregat “Krš” – Ljubovija sa i bez dodatka aditiva REDISET WMX.

Tabela 1. *Adhezija bitumena BIT 60 za agregat "Krs" sa i bez dodatka REDISET WMX*

Karakteristika		Metoda	Rezultati		Kriterijumi
			BIT 60	BIT 60 + 2% REDISET WMX	
1	Obavijenost agregata (24h/3min; 20°C), %	SRPS U.M8.096/87	100/100	100/100	>100/90
2	Obavijenost agregata (24h/10min;100°C), %	ASTM D3625	100/50	100/90	>100/70

Dodatkom polifunkcionalnog aditiva REDISET WMX u bitumen BIT 60 adhezija bitumena za kameni gegat “Krš“ je poboljšana što se vidi ocenom obavijenosti agregata posle 10 min. ključanja u destilovanoj vodi.

[1] Milorad Smiljanić: smiljanic1952@gmail.com

2.2. Asfaltna mešavina

Uticaj aditiva REDISET WMX na karakteristike asfaltne mešavine ispitana je poređenjem sa standardnom mešavinom AB-11s (BIT 60) bez dodatka aditiva pri različitim temperaturama zbijanja. Asfaltna mešavina bez aditiva sabijana je na 150°C, a mešavina sa dodatkom 2% aditiva na temperaturama 115, 130 i 150°C.

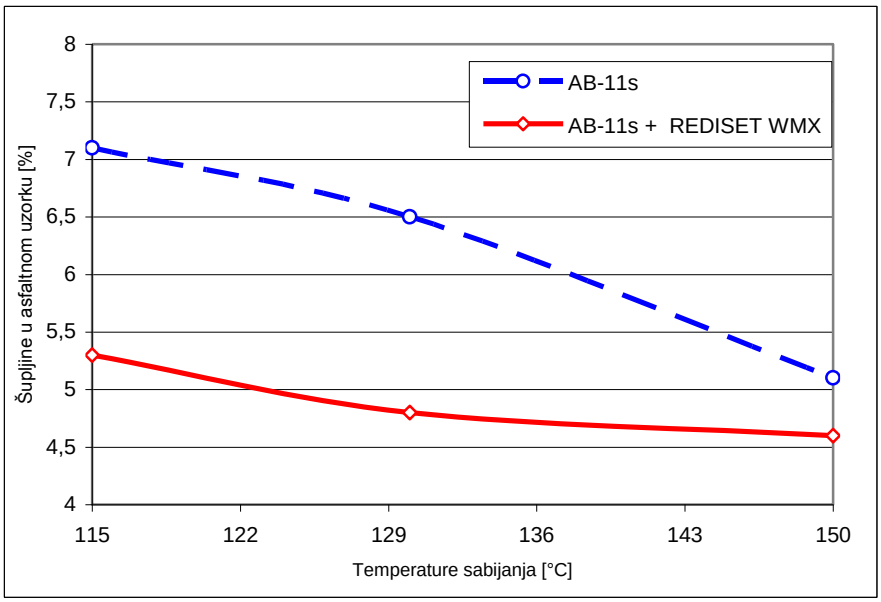
Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih i dinamičkih svojstava asfaltnih mešavina prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. *Fizičko-mehaničke i dinamičke karakteristike asfaltne mešavine bez i sa 2% REDISET WMX*

Karakteristike	Metode	Rezultati ispitivanja				Kriterijumi
		AB-11s	AB-11s + REDISET WMX			
		150 °C	115 °C	130 °C	150 °C	
Stabilnost na 60°C, (kN)	SRPS U.M8.090	11,6	10,9	10,2	9,0	> 8
Tečenje na 60 °C,(mm)		3,0	3,1	3,2	3,2	-
Stabilnost / tečenje na 60°C, (kN/mm)		3,9	3,5	3,2	2,8	> 2,2
Indirektna zatezna čvrstoća u suvom stanju na 20°C, (kPa)	SRPS EN 12697-23	1177	1145	1068	1056	-
Indirektna zatezna čvrstoća u vodozasićenom stanju posle 72 sati u vodi na 20°C, (kPa)	SRPS EN 12697-23	1093	948	864	784	-
Pad indirektne zatezne čvrstoće na 20°C, (%)	SRPS EN 12697-12	7,1	17,2	19.1	25,8	< 20
Šupljine asfaltnom uzorku, % (v/v)	SRPS U.E4.014	5,1	5,3	4,8	4,6	4,5 – 5,5
Šupljine u mineralnoj mešavini ispunjene bitumenom, % (v/v)	SRPS U.E4.014/90	72,8	71,9	74,0	74,9	66 – 78
Šupljine u mineralnoj mešavini, % (v/v)	SRPS U.M8.093	18,8	18,9	18,4	18,4	-
Gustina asfaltnog uzorka, (kg/m^3)	SRPS U.M8.081	2304	2298	2309	2314	-
Gustina asfaltne mešavine, (kg/m^3)	SRPS U.M8.092	2428	2426	2426	2426	-
Optimalni sadržaj bitumena u asfaltnoj mešavini, (%)	SRPS U.E4.014	6,0	5,9			-
Modul krutosti (E*) na 20 °C, (MPa)	SRPS EN 12697-26	5706	5822	4236	3571	> 2200
Otpornost na trajne deformacije na 30°C posle 1800 ciklusa opterećenja, (%mm/mm)	SRPS EN 12697-25	0.24	0.23	0.26	0.28	< 0.5
Otpornost na zamor (N x 10^6), ε_x =50x10^{-6} mm/mm	SRPS EN 12697-24	42	44	60	115	> 30

Iz rezultata ispitivanja se vidi da praktično nema razlike u vrednostima modula krutosti, otpornosti na trajne deformacije i otpornosti na zamor kod asfaltne mešavine bez aditiva sabijene na 150°C i asfaltne mešavine sa aditivom sabijene na 115°C.

Dijagram na slici 2. prikazuje šupljine u asfaltnim uzorcima sa i bez aditiva sabijenim na različitim temperaturama.



Slika 1. *Šupljine asfaltnih uzoraka AB-11s sa i bez REDISET WMX na različitim temperaturama sabijanja*

Iz dijagrama se vidi uticaj REDISET WMX na poboljšanje ugradljivosti asfaltne mešavine na nižim temperaturama sabijanja.

3. IZVEDENE ASFALTNE DEONICE SA ADITIVOM „REDISET WMX“

Asfaltne mešavine sa dodatkom REDISET WMX ugrađene su u Srbiji tokom 2009. i 2010. godine na tri deonice:

- asfaltni-beton AB-11s na deonici puta kod Ivanjice,
- bitumenizirani noseći sloj BNS-22s(A) na deonici puta kod Surčina i
- tvrdo-liveni asfalt TLA 0/11 kao zaštitni sloj na mostu “Gazela” u Beogradu.

3.1. Deonica sa AB-11s

Prema recepturi Instituta za puteve ad Beograd u septembru 2009. godine „Putevi“ iz Ivanjice ugradili su habajući sloj od asfaltnog-betona AB-11s sa dodatkom 2% REDISET WMX na deonici puta od Močioca do Jasenova u dužini od 1 km.

Aditiv REDISET WMX dodat je direktno u cisternu za bitumen BIT 60 i umešan na temperaturi od 150°C recirkulacijom iz jedne cisterne u drugu. Umešavanje asfaltne mešavine obavljeno je na temperaturi od 140° C. Za vezu sa bitumeniziranim nosećim slojem upotrebljena je bitumenska emulzija. Razastiranje asfaltne mešavine obavljeno je na temperaturi od 130°C a zbijanje habajućeg sloja na 120°C. Rezultati ispitivanja ugrađene asfaltne mešavine i prethodnog sastava dati su u tabeli 3, a fotografija izvedenog sloja prikazana je na slici 2.



Slika 2. *Izvedeni habajući sloj od AB-11s sa REDISET WMX na deonici puta Močioci-Jasenova blizu Ivanjice*

Tabela 3. *Rezultati ispitivanja ugrađenog i prethodnog sastava AB-11s sa REDISET WMX*

Karakteristike	**Metode**	**Rezultati ispitivanja asfalta**		**Kriterijumi SRPS U.E4.014**
		Ugrađeni	**Prethodni sastav**	
Stabilnost na 60°C, (kN)	SRPS U.M8.090	11,5	8,1	> 7
Tečenje na 60 ^{o}C,(mm)		3,5	3,2	-
Stabilnost / tečenje na 60°C, (kN/mm)		3,3	2,5	> 1,8
Šupljine asfaltnom uzorku, % (v/v)	SRPS U.E4.014	3,9	4,5	3,0 – 6,0
Šupljine u mineralnoj mešavini ispunjene bitumenom, % (v/v)	SRPS U.E4.014/90	76,8	73,0	68 – 85
Šupljine u mineralnoj mešavini, % (v/v)	SRPS U.M8.093	16,8	16,5	-
Gustina maršalovog uzorka, (kg/m^{3})	SRPS U.M8.081	2402	2376	-
Gustina uzorka iz kolovoza, (kg/m^{3})	SRPS U.M8.081	2365	-	
Gustina asfaltne mešavine, (kg/m^{3})	SRPS U.M8.092	2499	2487	-
Šupljine u kolovozu, % (v/v)	SRPS U.E4.014	5,4	-	2,5 – 7,5
Deblina sloja, (cm)	-	3,9	-	3,5 – 5,0
Zbijenost sloja, (%)	SRPS U.E4.014	98,5	5,1	
Sadržaj bitumena u asfaltnoj mešavini, (%)	SRPS U.M8.100	5,4	5,1	5,1 ± 0,5

3.2. Deonica sa BNS-22s(A)

Na putu prema Surčinu kod Beograda marta 2010. godine JKP „Beogradput“ izgradio je deonicu od bitumeniziranog nosećeg sloja BNS-22s(A) sa aditivom REDISETOM WMX dužine 2 km, prema recepturi Instituta za puteve ad Beograd. Asfaltna mešavina je proizvedena na temperaturi od 140°C, razastrena na 130°C i uvaljana na 120°C.

Fotografija izvedene deonice prikazana je na slici 3, a rezultati ispitivanja su dati u tabeli 4.

Tabela 4. *Rezultati ispitivanja ugrađenog i prethodnog sastava BNS-22s(A) sa REDISET WMX*

Karakteristike	Metode	Rezultati ispitivanja asfalta		Kriterijumi SRPS U.E9.021
		Ugrađeni	Prethodni sastav	
Stabilnost na 60°C, (kN)	SRPS U.M8.090	11,6	11,1	> 6
Tečenje na 60 ^{o}C,(mm)		3,6	3,5	-
Stabilnost / tečenje na 60°C, (kN/mm)		3,2	3,2	> 2,2
Šupljine asfaltnom uzorku, % (v/v)	SRPS U.E4.014	5,1	6,7	4,0 – 9,0
Šupljine u mineralnoj mešavini ispunjene bitumenom, % (v/v)	SRPS U.E4.014/90	68,1	59,7	(50 – 70)
Šupljine u mineralnoj mešavini, % (v/v)	SRPS U.M8.093	16,0	16,6	-
Gustina maršalovog uzorka, (kg/m^{3})	SRPS U.M8.081	2440	2424	-
Gustina uzorka iz kolovoza, (kg/m^{3})	SRPS U.M8.081	2458	-	-
Gustina asfaltne mešavine, (kg/m^{3})	SRPS U.M8.092	2571	2599	-
Šupljine u kolovozu, % (v/v)	SRPS U.E4.014	4,4	-	3,0 – 9,0
Deblina sloja, (cm)	-	7,7	-	6,0 – 10,0
Zbijenost sloja, (%)	SRPS U.E4.014	100,7	-	> 98,0
Sadržaj bitumena u asfaltnoj mešavini, (%)	SRPS U.M8.100	4,5	4,1	4,1 ± 0,5

3.3. Deonica sa TLA 0/11

Na mostu „Gazela“ preko reke Save u Beogradu u okviru radova rekonstrukcije u septembru 2010. godine JKP „Beogradput“ ugradio je preko MMA (meta meta-akrilatne) hidroizolacije, zaštini sloj od tvrdo-livenog asfalta TLA 0/11 sa dodatkom polifunkcionalnog aditiva REDISET WMX na deonici dužine 500m na prilaznoj rampi prema Novom Beogradu.

U tabeli 5. prikazane su karakteristike ugrađene mešavine TLA 0/11 i prethodna ispitivanja, a na slici 4. fotografija izvedene deonice



Slika 3. *Deonica sa BNS-22s(A)sa REDISET WMX na putu prema Surčinu blizu Beograda*



Slika 4. *Fotografija zaštitnog sloja od TLA 0/11 sa dodatkom REDISET WMX na prilaznoj rampi mosta "Gazela" u Beogradu*

Tabela 5. *Rezultati ispitivanja ugrađenog i prethodnog sastava TLA 0/11 sa REDISET WMX*

Sastav i karakteristike / Metode ispitivanja		**Ugrađeni asfalt**	**Prethodna ispitivanja**	**Kriterijumi**	
				EN 13108-6 ÖNORM B3585	**SRPS U.E4.020**
Sadržaj veziva, (%)	-	7,3	7,3	6,5 – 8,0	6,5 – 8,5
Gustina asfaltnog uzorka, (kg/m^3)	SRPS U.M8.081	2450	2455	–	–
Gustina asfaltne mešavine, (kg/m^3)	SRPS U.M8.082	2461	2462	–	–
Statička penetracija (52,5 kg/5 cm^2/40°C/30min.), (mm)	SRPS U.M8.104	1,73	1,0	1,0 – 3,5	1 – 6
Porast statičke penetracije posle 30 min, (mm)	EN 12970	0,14	0,15	max. 0,5	–
Upijanje vode, (%)	SRPS U.M8.094	0,5	0,4	–	< 1
Šupljine u asfaltnom uzorku, % (v/v)	SRPS U.E4.014	0,5	0,3	–	< 4
Šupljine u mineralnoj mešavini, % (v/v)	SRPS U.M8.093	18,4	18,0	–	< 18
Sadržaj punila %(m/m)	-	24,5	24,6	21 – 33	> 20
Sadržaj agregata > 2,00 mm, %(m/m)	-	53,9	52,8	30 – 55 45 – 60	40 – 55

5. ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja u laboratoriji i na izvedenim deonicama su pokazali da dodatak 2% polifunkcionalnog aditiva REDISET WMX u bitumen omogućava sniženje temperature kod proizvodnje i ugradnje asfaltne mešavine za 30-35°C, pri čemu se dobijaju skoro iste vrednosti fizičko-mehaničkih i dinamičkih karakterisitka. Pored sniženja procesnih temperatura dodatak REDISET WMX poboljšava ugradljivost i prionljivost bitumena za agregat što utiče na trajnost asfaltnog kolovoza. Niže temperature omogućavaju rad na nižim ambijentnim temperaturama, veće transportne deonice i produžetak građevinske sezone. Takođe, niže temperature kod proizvodnje i ugradnje omogućavaju uštedu energije i smanjenje asfaltnih isparenja i emisije CO_2 zračenja, što je povoljno sa aspekta zaštite životne i radne sredine.

Literatura

[1] Smiljanić, M., Pap, I., Tatić, U. 2009. *Praktična iskustva u primeni višenamenskog aditiva REDISET WMX za asfaltne mešavine u Srbiji*, Put i saobraćaj, Beograd, 4: 23-31.

[2] Smiljanić, M., Pap, I., Tatić, U., Štrbić, M., Milinska, S., Marković, B. (2011). *Potential of using the polyfunctional additive REDISET WMX for asphalt mixtures*, Proceedings of the 5th International Conference Bituminous Mixtures and Pavements, Thessaloniki - Greece, vol. II: 700-709.

[3] Krušić, Z., Pap, I., Smiljanić, M. 2012. *Rediset proved itself in various asphalt mixtures in Serbia*, AkzoNobel Surface Chemistry AB, Asphalt Matters, Issue 83: 4-7.

[4] Smith, M.; and James, A. 2009. *Rediset WMX®*. Technical paper, Akzo Nobel Surface Chemistry, USA and Sweden.

[5] Warm-Mix Asphalt: Report No.FHWA-PL-08-007, European Practice, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation

OSVRT NA ISTRAŽIVANJA TERENA NA TRASI AUTO PUTA KORIDOR Vc, DIONICA JOHOVAC – DOBOJ JUG, PODRUČJE “USORA“

Đurić Neđo[1]
[1]*Tehnički institut Bijeljina, e.mail: nedjo@tehnicki-institut.com*

Rezime: *Područje Usore koje se nalazi na dijelu koridora Vc, veoma je složeno, kako po geološkim i geomorfološkim karakteritikama terena, tako i prostornom rasporedu naseljenih objekata. Utvrđivanje trase prošlo je kroz više faza, uvažavajući različite faktore i probleme koji su prisutni na terenu. Na kraju odabrana je trasa koja nije najpovoljnija ali je za sve prihvatljiva, iako je skoro sva u nasipima i ima jednu petlju i pet (5) mostova na dužini 5,065 km*.

Terenski radovi za trasu i objekte na trasi urađeni su prema programu istraživanja i Smjernicama za geološka i geomehanička istraživanja, koje su važeći dokument za istraživanje i projektovanje puteva u Bosni i Hercegovini. Kvalitet izvedenih istraživanja je zadovoljavajući. Dobiveni podaci terenskih istraživanja, zajedno sa laboratorijskim ispitivanjima su osnova za izradu elaborata o geološkim, inženjerskogeološkim, hidrogeološkim i geotehničkim karakteristikama izgradnje ove dionice autoputa.

Ključne riječi: *auto put, istraživanje terena, trasa, mostovi*

1. UVOD

Istraživanje terena na području Usore vršeno je na više lokacija tražeći najpovoljnije rješenje za trasu auto puta na ovom prostoru. Složenost geološke građe, kao i gusta naseljenost područja, otežavaju izbor najpovoljnije trase. Nemogućnost zaobilaska ovog područja, odnosno suočavanjem sa činjenicom da se treba naći rješenje za trasu u ovom području, određena je trasa koja na malom prostoru zahtijeva značajne tehničke zahvate tokom izgradnje. Zbog toga su sprovedena detaljnija geološka istraživanja na dijelu trase i planiranih objekata.

Obim provedenih istraživanja djelimično je usklađen sa zakonskim propisima, a kvalitet njihovog izvođenja je na zadovoljavajućem nivou. Provedena su istraživanja neophodna za ovakve uslove terena i namjene objekata, a laboratorijska ispitivanja su dala podatke za preliminarne geotehničke proračune. U radu će se dati pregled terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja sa osvrtom na njihov obim, značaj i potrebu dodatnih istraživanja.

2. PLANIRANI ISTRAŽNI RADOVI

Istražni radovi su planirani za nivo inženjerskogeološko-geotehničkog elaborata za trasu puta u području Usora u dužini od 5,065 km, od stac.km 10+754 – 15+820, slika 1, [1,2]. Trasa je u nasipima dužine 2.626,40 m, a na trasi se nalazi petlja "Usora" i pet (5) mostova ukupne dužine 1.283,60 m i to:

- most Tešanjka 2 dužine 214,80 m
- most Tešanjka 1 dužine 214,80 m
- most "Magistralna cesta" dužine 104 m
- most Usora 3 dužine 600 m
- most Usora na priključnoj saobraćajnici dužine 150 m

Pri izradi programa istraživanja, osnove su bile u važećim zakonskim i podzakonskim aktima [3,4,5] i raspoloživim zvaničnim podacima o geološkim, hidrogeološkim, inženjerskogeološkim i seizmotektonskim karakteristikama, te dostupne podloge, prospekcije i kartiranje terena, kao i komparativna iskustva istraživača.

Za navedeno područje od dokumenata su korištene su Geološka karta Bosne i Hercegovine, M 1: 300.000; listovi Osnovne geološke karte BiH, R 1: 100.000 sa tumačima; manuskripti listova OGK, R 1: 25.000; Tumač hidrogeološke karte SFRJ, R 1: 500.000; Uputstva za izradu hidrogeološke i inženjerskogeološke karte SFRJ, R 1: 100.000; Atlas inženjerskogeološke karte SFRJ, R 1: 500.000; Neotektonska karta SFRJ, R 1: 500.000, avionski orto-foto snimljeno istražno područje, R 1: 5.000 i geodetske situacije RM 1: 5.000, odnosno za objekte u razmjeri 1: 500, te odgovarajući fond stručne i naučne dokumentacije i raspoloživih podataka [6,7,8,9,10]. Istraživanja su bila podržana i fotogeološkom obradom šireg istražnog područja.

[1] Đurić Neđo, e.mail. nedjo@tehnicki-institut.com



Slika 1. *Trasa autoputa koridor Vc kroz Bosnu i Hercegovinu*

Uvažavajući sve navedene zakonske propise i korištenu dokumentaciju, istražni radovi su usklađeni i sa ostalim važećim standardima koji se primjenjuju u Bosni i Hercegovini [10,11].

1. Generalno
   BS 5930 – Code of practice for site investigations

2. Testiranje terena
   ENV 1997/3, Eurocode 7: Geotechnical design, Part 3: Design assisted by field testing

3. Kartiranje terena
   IAEG 2000 – Engineering geological rock masses classification
   ISRM 1990 – Quantitative description of discontinuities in rock masses

4. Laboratorijska ispitivanja
   ENV 1997/2, Eurocode 7: Geotechnical design, Part 2: Design assisted by laboratory testing. Within these procedures, testing have been executed in accordance to BS 1377: 1990; ASTM D 422-63; ASMT D 854-02, ASMT D 2216-98 and ASMT D 2435-05, JUS

5. Obim i vrsta istraživanja
   JP Direkcija cesta Federacije BiH i JP putevi Republike Srpske
   Smjernice za projektovanje puteva
   Smjernice za geološka i geomehanička istraživanja

Usaglašavajući sve zakonske propise, dostupnost postojeće dokumentacije i izvedenih radova, planirana su istraživanja koja treba da budu dovoljna za izradu navedene dokumentacije.

3. IZVEDENI ISTRAŽNI RADOVI I ISPITIVANJA

Istražni radovi na terenu su izvedeni planiranom dinamikom sa poštovanjem rokova za izvođenje radova. Pri tome je pravovremeno vršeno slanje uzetih uzoraka u laboratoriju. U sklopu terenskih istražnih radova provedena su sljedeća istraživanja.

3.1. Istražno bušenje

Realizacija istražnog bušenja za trasu i mostove na trasi sa "in situ" opitima, provedena su na 12 bušotina pojedinačnih dubina 8,00 – 24,0 m. Ukupna dužina istražnog bušenja u ovoj fazi iznosila je 169,90 m. Bušenje je izvedeno mašinskim garniturama, početnog prečnika 146 ili 131 mm i završnog 101 ili 86 mm, zavisno o dubini bušotine, metodom rotacionog bušenja.

Bušotine su kontinuirano jezgrovane u svrhu utvrđivanja geološke građe terena i rasprostiranja pojedinih litoloških kompleksa i tipova stijena, utvrđivanja pojave i nivoa podzemne vode, sagledavanja hidrogeoloških

osobina tla i funkcija pojedinih litoloških cjelina, te ostalih karakteristika koje su bitne a mogu se uočiti tokom bušenja. U toku bušenja izvođeni su opiti SPT, odredivan je RQD parametar nabušene jezgre i uzimani uzorci tla i stijena za laboratorijska ispitivanja. Nakon bušenja, u skladu s Programom, selektivno je vršena ugradnja pijezometarskih konstrukcija.

Minimalni procenat izvađenog jezgra bio je 95 %, a najvećom dužinom 100 %. Jezgra iz bušotina slagana je u sanduke, fotografirana i detaljno kartirana. Uzorci su uzimani iz zona temeljenja objekata ili iz zone na kojoj će se formirati nasip, odnosno kolovozna konstrukcija.

Podaci i rezultati istražnog bušenja korišteni su pri izradi inženjerskogeološke i hidrogeološke karte i naročito u konstruiranju i interpretaciji uzdužnih profila trase i objekata.

3.2. Ispitivanje standardnom penetracijom (SPT)

Paralelno sa bušenjem rađeni su opiti standardne penetracije (SPT). Opiti su izvedeni prvenstveno u nevezanim i slabovezanim sedimentima, ali su vršeni i u supstratu terena, odnosno čvrstim i mekim stijenama, naročito ako su bile jako izdijeljene. Izvođenje je vršeno automatski, mehaničkim uređajem, pri čemu je mjerilo otpornosti tla predstavljao broj udaraca (N) potreban da se šiljak penetracione šipke utisne u tlo za 45,0 cm (3 x15 cm).

Na lokacijama mostova SPT opiti su vršeni u horizontu kontakta pokrivač – supstrat. Pri svakom izvođenju trebao je zbroj udaraca drugog i trećeg intervala biti veći od 50. Ukoliko traženi podatak nije postignut, bušenje i izvođenje opita je nastavljeno sve do dobivanja zadovoljavajućeg rezultata, odnosno do 50 udaraca za dva posljednja uzastopna intervala u sve tri serije izvođenja opita.

Rezultati ispitivanja SPT-a poslužili su za procjenu parametara čvrstoće (konzistencije) koherentnih materijala i relativne zbijenosti nekoherentnih materijala, te za uspostavljanje neposrednih korelacija SPT-a sa rezultatima kontinuirane dinamičke "srednjeteške" penetracije (DPM) i laboratorijskih ispitivanja. Ukupno je izvedeno 80 SPT opita u bušotinama. Dobiveni rezultati su analizirani i interpretirani u elaboratu, posebno u svrhu sagledavanja geotehničkih uslova izgradnje.

3.3. Ispitivanje presiometrom

U mostovskim BB-bušotinama, unutar supstrata izvršeno je ispitivanje čvrstoće stijenske mase metodom presiometarskih opita tipa "Menard". Ovi su testovi plasirani samo duž bušotina izvedenim u zonama krajnjih oporaca mostova u cilju "in situ" mjerenja otpornosti stijena na pritisak, odnosno određivanja vrijednosti čvrstoće temeljnog tla. Ukupno je urađeno 8 (osam) presiometarskih ispitivanja, a rezultati su korišteni pri interpretaciji načina i uslova temeljenja mostova.

3.4. Ugradnja pijezometarskih konstrukcija i mjerenja NPV-a

U četiri duž trase odabrane bušotine ugrađene su pijezometarske konstrukcije od plastičnih, 10 barskih cijevi Ø 50,8 mm (2") koje su u zonama oscilacija NPV-a perforirane u potrebnim dužinama. Tokom realizacije istražnih radova u terenu, obavljana su i mjerenja oscilacija nivoa podzemih voda u svim pijezometrima, a nakon toga, izvršene su 4 serije očitanja oscilacija NPV-a.

3.5. Istražni raskopi

Unutar razmatrane poddionice, duž trase je izvedeno 6 (šest) istražnih raskopa potrebnih dimenzija i dubina od 2,20 – 3,50 m', odnosno do šljunka ili dubina do kojih je zbog priliva podzemne vode bilo moguće mašinski kopati bez podgrade.

Raskopi su izvedeni u cilju definiranja geološkog sastava i inženjerskogeološko –hidrogeoloških svojstava terena i podtla uz uzorkovanja za laboratorijska geomehanička ispitivanja, prioritetno za Proctor, odnosno CBR ispitivanja, te ostale klasifikacijske odredbe.

Rezultati istražnih raskopa poslužili su u analizi i interpretaciji geotehničkih uslova duž trase, a naročito u cilju definiranja pripovršinskih masa koje će biti potrebno ukloniti i izvršiti zamjenu materijala.

3.6. Ispitivanja kontinuiranim opitima dinamičke penetracije (DPM)

Opiti dinamičke penetracije izvedeni su mobilnom garniturom na 10 (deset) tačaka u prosječnoj dubini od 10,0 m, odnosno ukupne dužine 91,0 m. S obzirom na građu terena, dinamička testiranja su odabrana kao tzv. "srednjoteška" kontinualna dinamička penetracija (DPM), koja su po odrerđenom pravilu rađena uz ili između istražnih bušotina i raskopa.
DPM ispitivanja su izvedena u cilju utvrđivanja vertikalnih odnosa između pripovršinskih slabijih i potpovršinskih konzistentnijih horizonata, kao i u funkciji omogućavanja korelacija sa rezultatima SPT-a i ostalih metoda istraživanja. Podaci su korišteni pri interpretaciji uslova izgradnje trase i objekata i prikazani su na profilima terena.

3.7. Uzimanje uzoraka

Za potrebe geomehaničkih laboratorijskih ispitivanja iz jezgre istražnih bušotina i raskopa uzorkovan je materijal tla i stijena. Ukupno je odabrano 40 (četrdeset) uzoraka, od kojih je laboratorijski obrađeno 27 uzoraka, svi kao neporemećeni uzorci. Za opit monoaksijalne čvstoće i PLT test uzeta su 43 uzorka, te obrađeni sa 41 odredbom monoaksijalne čvrstoće i 2 odredbe čvrstoće PLT-a.

Uzorci su sistematski selektovani iz svakog tipa materijala, po pravilu prema principu: naplavni sedimenti – aluvijalni sedimenti – eluvijalna raspadina – geološki supstrat i nakon uzimanja pažljivo su ostavljani u tankostijenim cilindrima, te izvana omotani folijom i transportovani u laboratoriju.

Na svakom uzorku označeni su: naziv dionice, datum uzorkovanja, oznaka bušotine i broj uzorka, te interval iz koga je uzet sa klasifikacijskom odredbom horizonta iz kojega je uzorkovano. Vrste i obim istražnih radova provedeni su u prihvatljivom obimu, a prikazani su u tabeli br. 1.

Tabela br. 1. *Pregled planiranih i izvedenih terenskih istraživaja*

N^0	Opis radova	Objekti oznake	Plan.	Urađ.	Dubina (m)	Ukupno (m)	Dužina (m)	Širina (m)	Površ (km^2)
1.	**Inženjerskogeološki i geotehnički radovi**								
1.1.	Geod. snimanje i iskolč. istražnih bušotina i raskopa	Mostovi, BB	8	8					
		Trasa, BR	6	4					
		Trasa rask.TR	9	6					
1.2.	Inženjerskogeol. i hidrogeol. kartiranje terena, M 1: 5.000	Poddionica Karuše - Usora	0,65	1,004			5.020	200	1,004
1.3.	Determ. i fotogr. jezgre i raskopa	bušotine	14	12			169,9		
		raskopi	9	6	17,6	17,6			
2.	**Geotehnički istražni radovi**								
2.1.	Istražne bušotine	most BB	8	8	135,4	169,9			
		trasa BR	6	4	34,5				
2.2.	SPT	opit	75	80					
2.3.	Uzimanje uzoraka	poremećeni	34	5					
		neporemećeni	11	35					
2.4.	Ugradnja piezometara	bušot. BB				34,5			
		bušot. BR	5	4					
2.5.	Br. merenja NPV	BR	6	4					
2.6.	Raskopi	TP	9	6	17,6	17,6			
2.7.	Dinamička penetracija DPM	bušot. BR	10	4	91	91			
		raskop TR	6	6					
2.8.	Presiometar	BB	8	8					
3.	**Geofizička ispitivanja**								
3.1.	Ispitivanje mostova	seizmički refrakc. profil	4/ 855	0	zbog nejasnih položaja mostova i broja stubnih mjesta, uradiće se u fazi prije izvođenja objekata				

Tokom izvođenja, istražni radovi su prilagođavani okolnostima na terenu, obzirom na minirana područja, neriješene imovinsko-pravne odnose i kolidiranje sa postojećim infrastrukturnim ili drugim objektima i sadržajima. Takođe, uslovi svake lokacije su različiti po pitanju pristupačnosti mikrolokaciji, geološkom sastavu bušenog litološkog stuba i slično. Uvažavajući realno stanje u terenu, prilagođavanje je vršeno u okviru programiranih radova ili preraspodjelom lokacija i pojedinačnih dubina u funkciji definisanja geotehničkih uslova izgradnje.

3.8 Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska geomehanička ispitivanja uzoraka tla i stijena provedena su na uzorcima iz istražnih bušotina i raskopa, na 27 uzoraka. Urađeni su identifikaciono-klasifikacioni opiti i otporno-deformabilni opiti na uzorcima tla i stijena.

Ispitivanja su izvršena u skladu s važećim standardima usaglašenim sa preporukama ENV-1977-2 Eurocode 7, uključujući ASTM, BS i bivši JUS.

Rezultati laboratorijskih ispitivanja, odnosno odabrani mjerodavni geotehnički parametri, poslužili su pri interpretaciji, analizama i odredbama geotehničkih uslova izgradnje. Vrste i obim laboratorijskih ispitivanja prikazani su u tabeli br. 2.

Tabela br. 2. *Pregled planiranih i izvedenih laboratorijskih ispitivanja*

Laboratorijska ispitivanja					
N^0	Vrste	Planirano	Urađeno	Ukupno	Standard
1.	Klasifikacioni opiti	14	27	27	EUROCODE 7 ASTM, BS, JUS
1.1.	Prirodna vlažnost, W		27	324	
1.2.	Specifična težina, γ_s		27		
1.3	Zapreminska težina, γ_w		27		
1.4.	Suha zapreminska težina, γ_d		27		
1.5.	Poroznost, n		27		
1.6.	Koeficijent poroznosti, e		27		
1.7.	Granica tečenja, W_l		27		
1.8.	Granica plastičnosti, W_p		27		
1.9.	Index plastičnosti, I_p		27		
1.10.	Index konzistencije, I_c		27		
1.11.	AC klasifikacija		27		
1.12	Stepen neravnomjernosti, U		27		
2.	Otpornost na smicanje	6	11	11	
2.1.	Kohezija, c		11		
2.2.	Ugao unutrašnjeg trenja, φ^o		11		
3.	Edometarska ispitivanja	8	27	27	
3.1.	Modul stišljivosti, M_s		27		
4.	Masa uzorka i pritisna čvrstoća	45	41		
4.1.	Monoaksijalna čvrstoća, σ_p		41		
4.2.	Čvrstoća PLT		2		
5.	Proctor test (CBR)	8	8	8	

3.8. Inženjerskogeološko i hidrogeološko kartiranje i profiliranje

Detaljno inženjerskogeološko i hidrogeološko kartiranje terena urađeno je duž čitave poddionice u širini pojasa od prosječno 200,0 m. Širina pojasa ovisila je o konfiguraciji terena, prostornom položaju pojava i procesa od značaja za buduće objekte, te o pokrivenosti terena humusnim slojem, zbog čega se morao obuhvatiti širi prostor da bi se registrovali otvoreni profili.

Kartiranje je obavljeno u razmjeri 1: 5.000 i utvrđene su slijedeće karakteristike terena:

- reljefne sa nagibima površine terena, pojavama geomorfoloških procesa i ocjenom veze sa geološkom građom
- hidrografske po tipu i karakteru površinskih tečenja, vodnih pojava i objekata, plavljenja, zamočvarenja i slično
- geološke sa registracijom litološkog sastava, starosti, geneze, sklopa, strukturnih odnosa
- inženjerskogeološke prema kompleksima i tipu stijenskih masa, stepenu raspadnutosti, te podložnosti razvoju savremenih geodinamskih procesa, odnosno stabilnosti terena u prirodnim i uslovima gradnje, eroziji, denudaciji ili drugim procesima
- hidrogeološke sa stanovišta funkcija stijenskih masa i odnosa prema postojećim izvorištima, nivoa podzemnih voda u postojećim bunarima, oscilacija NPV-a, uslova prihranjivanja i pražnjenja podzemnih voda i drugo

Obradom, analizom i interpretacijom podataka sa terena i rezultata ostalih istražnih radova, te laboratorijskih ispitivanja, urađene su karte i profili u razmjeri R 1: 2.500/250 sa pripadajućim legendama. Prikazani kartirani kompleksi, jedinice i članovi u legendama karata i profila, kao i u tekstualnim dijelovima elaborata, uskladeni sa IUGS klasifikacijama.

4. KOMENTAR REZULTATA ISTRAŽIVAJA

Provedena istraživanja za potrebe izgradnje autoputa koridor Vc, na području Usore su na zadovoljavajućem nivou [12,13]. Ipak, nisu u cjelosti usklađena sa potrebama na terenu uvažavajući njegove karakteristike kao i objekte za koje se istraživanja vrše.

Za detaljnije upoznavanje geološke građe i geomehaničkih karakteristika tla, neophodno je bilo u dijelu trase koja je u nasipima provesti detaljnija istražna bušenja, sa razmakom između bušotina 100–200 m. Terenski opiti DPM samo su djelimično dali podatke o karakteristikama terena u dijelu gdje su izvođeni, ali ne i dovoljno u odnosu na podatke koje treba dobiti istražnim bušenjem.

Nije urađen dovoljan broj istražnih bušotina za mostove i petlju, a time i pratećih ispitivanja u bušotini, odnosno laboratoriji. Ovo se može pravdati, što se ne znaju osnovne karakteristike mosta, odnosno njihovi gabariti i broj stubnih mjesta. Ipak naznačene su lokacije i na njima su urađena istražna bušenja, dovoljna da se saznaju osnovne karakteristike o terenu.

Izvođačkim projektom, neophodno je predvidjeti dodatna istraživanja, posebno za mostove i petlju, zavisno od njihovog položaja i konstruktivnih rješenja. Za tačkaste i trakaste temelje potrebno je ispitati tla do dubine koja iznosi 1–3 puta širine temelja ispod kote temeljenja. Kod temeljenja na šipovima potrebno je ispitati tla do dubine pet prečnika šipa ispod njegovog dna, a za grupe šipova ispitivanje tla ispod kote temeljenja vršiti do dubine ili nešto manje od obije dimenzije pravougaonika, kojeg čine šipovi u grupi. Ova dubina može biti i veća, odnosno manja zavisno od vrste tla, odnosno stijena u kojima se temeljne stope nalaze.

Karakteristike terena duž trase zahtijevaju dodatne istražne radove u vidu raskopa, usjeka ili zasjeka, gdje se pored uzimanja uzoraka, treba sagledati i otvoreni profil terena, kako bi se detaljnije definisale inženjerskogeološke karakteristike terena, posebno sa aspekta izdvajanja zona po stepenu stabilnosti.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje terena na lokaciji auto puta koridor Vc, dionica Johovac – Doboj Jug, područje „Usora“ ima poseban značaj, zbog težeg izbora trase puta. Složena geološka građa i naseljenost prostora, smanjili su mogućnost izbora trase. Odabrana trasa zahtijeva detaljija istraživanja terena obzirom da se najvećim dijelom gradi u nasipu, a na njoj se nalazi još i jedna petlja i pet mostova.

Provedena istraživanja su na zadovoljavajućem nivou sa aspekta izrade eleborata geološkim, inženjerskogeološkim i hidrogeološkim karakteristikama terena, te proračuna na nivou geotehničkog elaborata. Za izradu geotehničkog projekta, odnosno izvedbenog projekta potrebno je provesti dodatna terenska istraživanja i laboratorijska ispitivanja, shodno karakteristikama terena, zakonskim propisima i složenosti objekata koji će se graditi.

Literatura

[1] Grupa autora (2011). Program inženjerskogeoloških, hidrogeoloških i geotehničkih istražnih radova za trasu autoputa koridor Vc, Doboj Jug. IPSA Sarajevo. Fond stručnih dokumenata IPSA Sarajevo.
[2] Grupa autora (2005). Elaborat o inženjerskogeološkim, hidrogeološkim i geotehničkim uslovima izgradnje autoputa na koridoru Vc, LOT 2: Doboj jug - Tarčin, Knjiga 2, Tehnička studija, IPSA, Sarajevo.
[3] Zakonu o geološkim istraživanjima sa pratećim pravilnicima i uredbama, Sl. list F BiH, br. 18/09.
[4] Zakon o prostornom planiranju i korištenju zemljišta na nivou F BiH, Sl. novine F BiH br. 2/07.
[5] Uredba o vrsti, sadržaju, označavanju, čuvanju, kontroli i nostrifikaciji investiciono-tehničke dokumentacije, Sl. novine FBiH, br. 89/07.
[6] Pamić, J. et.al (1979). OGK 1:100.000. Tumač lista Teslić. Savezni geološki zavod Beograd.
[7] Olujić, J., Sunarić-Pamić, O., Pamić, J. (1974). OGK 1: 100.000. Tumač lista Teslić. Savezni geološki zavod Beograd.
[8] Laušević, M., Jovanović, Č. (1983). OGK 1:100.000. Tumač lista Doboj. Savezni geološki zavod Beograd.
[9] Grupa autora (1969). Inženjerskogeološka karta SFRJ 1:500.000 sa tumačem. Savezni geološki zavod Beograd.
[10] Đurić, N. (2011). *Hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja.* Građevinski fakultet Subotica, Tehnički institut Bijeljina. Subotica, Bijeljina.
[11] Eurocode 7 (1997). Geotechnical desing – Part 2: Desing assisted by laboratory testing, and Part 3: Desing assisted by fieldtesting. European Commitete for standarization. Brussels.
[12] Direkcija Cesta Federacije BiH, Direkcija za puteve Republike Srpske (2005). Smjernice za projektovanje, gradjenje, održavanje i nadzor na putevima. Knjiga I, Dio 1, Poglavlje 2: Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja i ispitivanja. Sarajevo, Banja Luka.
[13] Dokumentacija istražnih radova: Istražne bušotine, istražne jame, laboratorijska ispitivanja. Tehnički institut Bijeljina, 2011.
[14] Đurić, N. (2011). Stepen istraženosti terena na trasi autoputa koridor Vc, dionica Svilaj – Vukosavlje. Sanski Most. Geo-expo 2011. Društvo za geotehniku u Bosni i Hercegovini.

STABILIZACIJA SEKUNDARNIH I OTPADNIH MATERIJALA SA CEMENTOM UZ DODATAK ADITIVA

Simo Tošović[1]
Geomehanika, 11000 Beograd, Dobropoljska br.21; e-mail: simo.tosovic@gmail.com
Vladeta Vujanić[2]
11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61[c]; e-mail: v.vujanic944@gmail.com
Marijana Nikolić[3]
Institut za puteve a.d. – Zavod za geotehniku; 11000 Beograd, Kumodraška br.257;

Rezime: Reciklaža po dubokom hladnom postupku prisutna je već niz godina kod nas. Pretežno se radi reciklaža po sledećem postupku:

- Na asfaltni sloj se naspe drobljeni agregat 0/31 mm.
- Reciklerima se izvrši defragmentacija materijala uz kompjutersko doziranje penastog bitumena i cementa.

Ovaj rad ima za cilj pokaže osobine stabilizacije u kojoj bi se umesto penastog bitumena sa cementom upotreljavao LATEX- BDMV^{4}RT^R. Reciklirani sloj za razliku od čiste stabilizacije ima znatno povećanu otpornost na mraz i smanjeno upijanje vode. LATEX-BDMV^{4}RT^R je ekološki čist proizvod, vremenski nerazgradljiv i neškodljiv za životnu sredinu. LATEX-BDMV^{4}RT^R se dodaje u količini od max. 10%, što ga čini isplativijim od penastog bitumena, koji se dodaje u odnosu na agregat. Sve prednosti hladne reciklaže su i dalje prisutne, stabilizacija se izvodi na licu mesta, nema deponovanja materijala iz konstrukcije puta i naknadna ugradnja novog.

Ključne reči: Latex, stabilizacija, put, optimatizacija.

1. UVOD

Institut za puteve a.d. razvio je tehnologiju cementnih stabilizacija sa Latex-om i različitim materijalima (drobljeni agregat 0/31,5 mm, šljunak sa površinskih kopova "Kostolac" u kombinaciji sa elektrofilterskim pepelom) u toku 2005., 2006. i 2007. godine.

U okviru programa "Nove tehnologije" koja je formirana u J.P. "Putevi Srbije" kao i razvojnog programa u Institutu za puteve cementna stabilizacija sa Latex-om prošla je predhodna ispitivanja i izvedena je in - situ na sledećim gradilištima:

- na ulicama u Požarevcu: Cerska, Golubačka, Balkanska, Prote Mateje i na pravcu Stari Kostolac crkva;
- Lokalni put Živanovića brdo – Osečenica u dužini od 3,5 km i skretanje za Tomiće u dužini od 1,5 km;
- Ulica 9, Srebrno jezero.

Na osnovu izvedenih predhodnih proba u laboratoriji za Geomehaniku, kao i ispitivanja na terenu daćemo najbitnije karakteristike kompleksne cementne stabilizacije sa Latex-om kao dodatkom koje su bitne za poređenje ove stabilizacije u odnosu na klasičnu cementnu stabilizaciju.

2. KARAKTERISTIKE LATEKSA KAO DODATKA

Lateksi koji se upotrebljavaju u cementnim stabilizacijama spadaju u polimerne latekse i to elastomerni lateksi. Elastomerni lateksi mogu biti:

- Lateksi na bazi prirodnog kaučuka;
- Lateksi na bazi sintetičkih kaučuka i to: butandienstirloni kaučuk (BSK), polihloro- prenski kaučuk (PHPK) ili akrilonitrilbutandienski (ANBDK).

Lateks za stabilizaciju u putnoj privredi proizveden u PKS-LATEX-HCL a.d. Čačak (komercijalni naziv proizvoda BDMV^{4}RT^R) i spada u grupu lateksa na bazi sintetičkog kaučka.

Polimerni lateksi se upotrebljavju u betonima već duže vreme. Upotreba lateksa u stabilizaciji je skorijeg datuma. Lateks smanjuje pukotine koji se pojavljuju kao nus efekat pri primeni stabilizacije sa cementom. Dinamički modul krutosti stabilizovanog sloja se kreće oko 9000 MPa tako da se modul nalazi između modula za bituminozne stabilizacije (2000 – 4000 MPa) i krute cementne stabilizacije, modul veći od 15000 MPa.

Primenom Lateksa ne ugrožava se proces hidratacije cementa, a istovremeno dolazi do obrazovanja polimerne faze (sjedinjavanje polimernih čestica i polimerizacija monomera). Na ovaj način se dobija složena

[1] Simo Tošović, *Geomehanika, 11000 Beograd, Dobropoljska br.21; e-mail: simo.tosovic@gmail.com*

matrična faza rešetkaste strukture značajnih mehaničkih svojstava koja uz to izuzetno čvrsto povezuje zrna agregata, odnosno čestice cementa i agregata. Najveći broj polimernih lateksa su vodene disperzije (količina vode u datoj disperziji iznosi 40 do 80%). Doziranje lateksa koji se dodaje u odnosu na cement tretira se kao procenat ukupnog dodatka u odnosu količinu dodatog cementa.

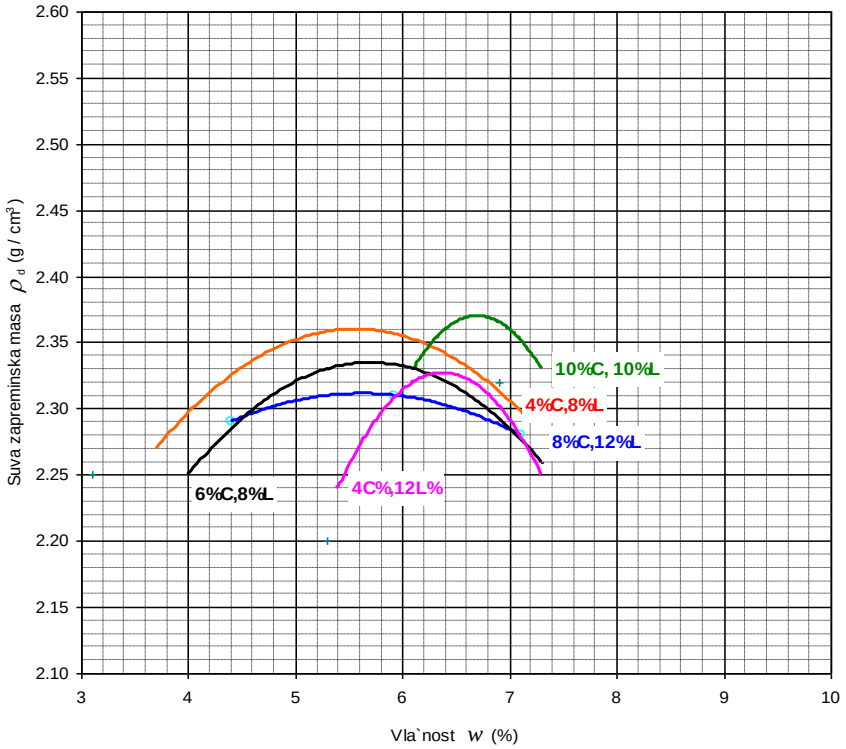
3. LABORATORIJSKO ISPITIVNjE KOMPLEKSNE STABILIZACIJE

U laboratoriji za gomehaniku izvršeno je ispitivnje kompleksne stabilizacije drobljenog agregata 0/31,5 mm sa cementom i lateksom.

Cilj ovog ispitivanja je određivanje optimalnog sadržaja procenata lateksa koji je potrebno dodati u odnosu na težinu cementa kao i fizičko-mehaničke karakteristike stabilizacije (pritisne čvrstoće, indirektno zatezne čvrstoće, dinamičkog modula krutosti, dejstvo mraza kao i upijanje vode).

Optimatizacija stabilizacije urađena je po sledećem programu:
- cement je doziran u rasponu od 4 - 10 % u odnosu na težinu drobljenog agregata 0/31,5 mm, poreklom iz kamenoloma “ Petrovac” na Mlavi,
- Lateks je doziran u rasponu 4 do 12 % u odnosu na masu cementa,
- Količina vode je dozirana pri izradi probnih tela na optimalnoj vlažnosti nakon izrade Proktorovog opita za svaku varijaciju lateksa i cementa.

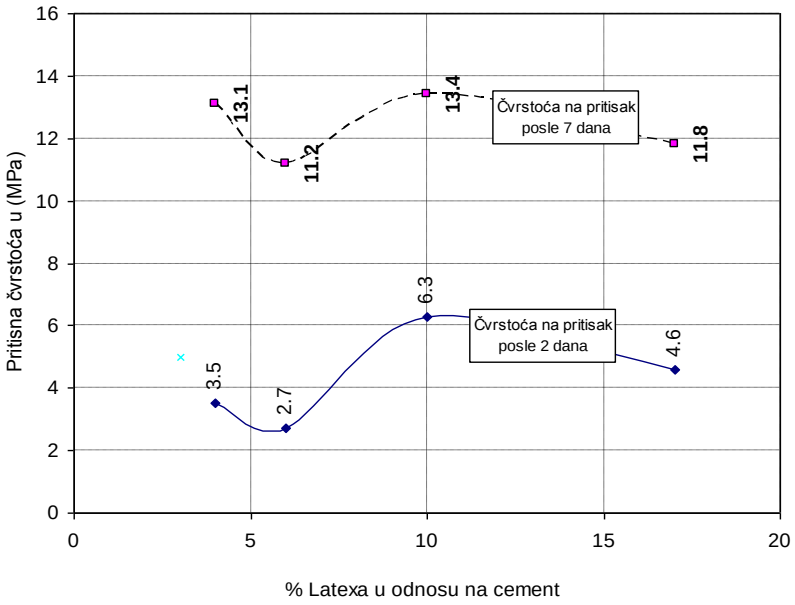
Uočljivo je da se optimalne vlažnosti pomeraju u desno sa dodatkom cementa i lateksa. Sa dodatkom lateksa 10 - 12% Proktorove krive postaju strmije i osetljivije na promenu vlažnosti (Slika 1). Ova je informacija bitna pri zbijanju materijala, potrebno je obratiti pažnju na kontrolu optimalne vlažnosti pri upotrebi lateksa kao dodatka iznad 10% u odnosu na težinu cementa.



Slika 1. *Proktorovi opiti za različite procente cementa lateksa*

Na slici 2 prikazan je postupak optimatizacije stabilizacije za različite procente dodatka lateksa u odnosu na cement ispitane na cementnoj pasti, uzorci su urađeni sa odnosom dodataka: cemet – pesak 1:3, vodocementni faktor 0,5 i dodatkom lateksa u odnosu na cement 10%.

Optimatizacijom je utvrđen optimalni sadržaj lateksa za postizanje maksimalne pritisne čvrstoće od 10% u odnosu na težinu cementa.



Slika 2. *Čvrstoća na pritisak na cementnoj pasti (cement-pesak 1:3) za različite % Latex-a*

4. ČVRSTOĆA NA PRITISAK

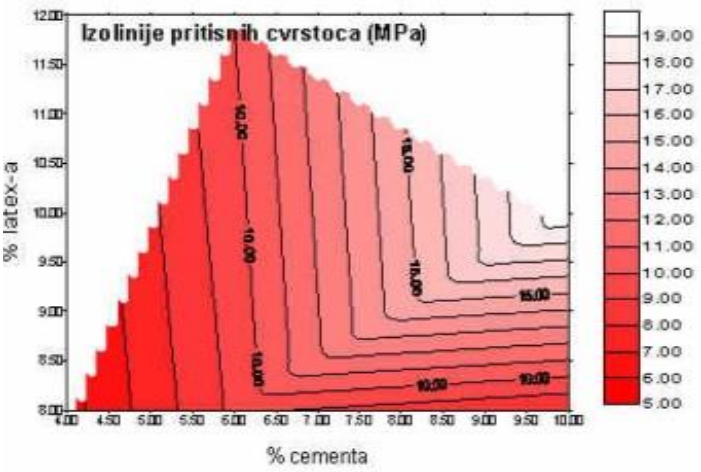
Nakon izrade probnih tela na optimalnim vlažnostima sa različitim procentima cementa i sa dodatkom lateksa 10% u odnosu na težinu cementa odrađena je čvrstoća na pritisak nakon 28 dana.

Čvrstoća na pritisak kompleksne stabilizacije dobijene su u rasponu:
- na uzorcima sa 4% cementa i 8% lateksa čvrstoća na pritisak je iznosila 5,6 MPa, donja granica pritisne čvrstoće,
- na uzorcima sa 10% cementa i lateksa čvrstoća na pritisak je iznosila 22,6 MPa, gornja granica pritisne čvrstoće,

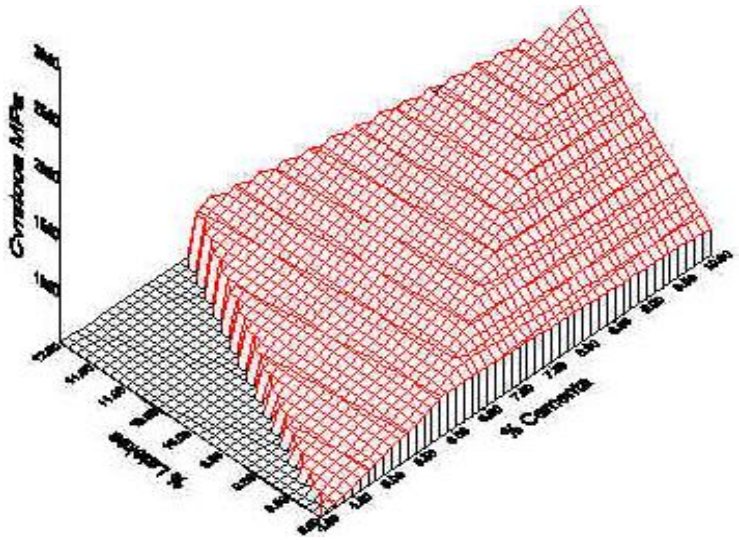
Na slici 3 može se uočiti da za isti procenet dodataog cementa, promenom procenta dodatog lateksa ne menja se čvrstoća na pritisak na uzorcima. To je uočljivo i na dijagramu (Slika 2) da je neznatna promena pritisne čvrstoće pri različito dodatim procentima lateksa.

5. OTPORNOST KOMPLEKSNE STABILIZACIJE NA DEJSTVO MRAZA

Uzorci su tretirani na dejstvo mraza. U 14 ciklusa izvršeno je zamrzavanje i odmrzavanje uzoraka i ispitana pritisna čvrstća. Parametri otpornosti na mraz urađeni su po SRPS.U.B1.050 i to indeks otpornosti koji pokazuje pad pritisne čvrstoće i gubitak mase.



Slika 4a. *2D – Dijagram izolinija pritisne čvrstoća*



Slika 4b. *3D – Dijagram izolinija pritisne čvrstoća*

Tabela 1:

Probno telo	% Cementa	% Lateksa u odnosu na cement	Gubitak mase $\Delta m = (m-m_1)m)*100$ (%)	Indeks otpornosti $R = (p/p_1)*100(\%)$
7	10	8	0.079	95.5
12	10	10	0.19	87.6
Kriterijum za ocenu stabilizacije, OTPORNOST CEMENTOM STABILIZOVANOG TLA PREMA MRAZU, JUS U.B1.050 VII-1969				
			<14%	>80%

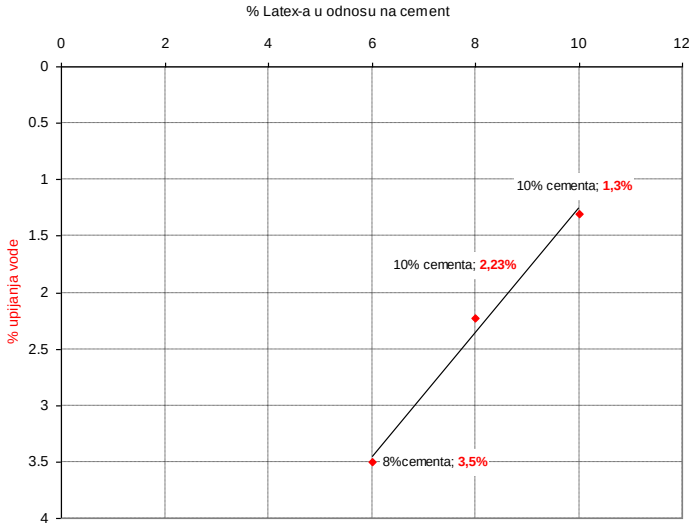
Indeks otpornosti prema mrazu (R) koji predstavlja količnik pritisne čvrstoće uzorka tretiranog na mraz i kontrolnog uzorka. Indeks otpornosti je preko 87% .

Na dva kontrolna tela bez dodatka lateksa sa istim procentom upotrebljenog cementa indeks otpornosti je iznosio 82%.

Dodatak lateksa od 7% povećava indeks otpornosti na mraz za 13 %.

6. UPIJANjE VODE

Na dijagramu slika 5, prikazano je upijanje vode na uzorcima urađene stabilizacije sa 10% dodatog cementa i različitim procentima dodatog lateksa. Uočljivo je da je ova zavisnost izrazito linearna. Procenat upijanja vode se smanjuje od 3,5% sa dodatkom lateksa od 8% do 1,3% sa dodatkom lateksa od 10%.



Slika 5. *Dijagram upijanja vode*

7. PRIMER IZVEDENE STABILIZACIJE LOKALNI PUT ŽIVANOVIĆA BRDO – OSEČENICA

Stabilizacija sa drobljenim agregatom 0/31,5 mm, cementom i lateksom izvedena je u dužini od 7 km. Maksimalna zapreminska masa sa 5% cementa i 10% dodatog lateksa određena po modifikovanom Proktorovom opitu iznosila je 2250 kg/m^3. Čvrstoća na pritisak ispitana na uzorcima u laboratoriji iznosila je 5 MPa nakon negovanja uzoraka u vlažnoj komori 28 dana.

Doziranje cementa i lateksa urađeno je preko protočne baze, razastiranje je izvršeno finiše- rom. Sabilizacija izvedena u debljini od 15 cm iznad tamponskog sloja. Nakon izvođenja stabilizacije izvršeno je uzorkovanje (kernovanjem) posle 28 dana. Čvrstoća na pritisak na ispitanim uzorcima nalazila se u rasponu od 7.3 - 9 MPa. Stabilizacija je ostala „otvorena“, nije izvršeno asfaltiranje stabilizacije 12 meseci.

Na fotografiji je prikazan izgled stabilizovanog sloja nakon 6 meseci posle izvođenja.



Slika 6. *Izgled izvedene stabilizacije posle šest maseci*



Slika 7. *Uzorak stabilizacije - kernovanje*

8. ZAKLjUČAK

Stabilizacija sa cementom uz dodatk lateksa ima znatne prednosti u odnosu na klasične cementne stabilizacije. Stabilizacija ima povećanu otpornost na dejstvo mraza i smanjeno upijanje vode. Nema pojave pukotina na sloju izvedene stabilizacije.

Dinamički modul elastičnosti (7000 – 9000 MPa) se kreće između klasičnih krutih cementnih stabilizacija (15000 – 18000 MPa) i stabilizacija sa penastim bitumenom (2000-4000 MPa).

Literatura:

[1] Izveštaj o ispitivanju kompleksne stabilizacije LATEX+ cement sa drobljenim agregatom 0/31,5 mm, delovodni broj 70 – 1555 od 20.03.2006. god. Institut za puteve a.d.

[2] Stručni skup – savremene tehnologije za građenje i održavanje puteva i njihova primena u Jugoslaviji, Vrnjačka Banja, 22 - 23 Novembar 2001. god.

УСАГЛАШАВАЊЕ ТЕХНИЧКИХ УСЛОВА ИЗ ПРОЈЕКТА СА КВАЛИТЕТОМ ДОСТУПНИХ КАМЕНИХ АГРЕГАТА

Сузана Стефановић[1], Оливера Ђокић[2], Братислав Милић[3]
[1]Институт за путеве ад Београд, ip.suzana.stefanovic@gmail.com,
[2]Институт за путеве ад Београд,ipkam.olja@gmail.com
[3]Институт за путеве ад Београд,milicbratislav10@gmail.com

Резиме

Технички услови који се односе на квалитет агрегата за доњи носећи слој из Главног пројекта Аутопута Е-75 на деоници Владичин Хан – Доњи Нерадовац базирани су на методама лабораторијских испитивања из SRPS EN стандарда. Квалитет мермера са сепарација "Стрезовце" и "Будућност" код Прешева није усаглашен са техничким условима за еквивалент песка(SE) и делимично за гранулометријски састав, док су им остали параметри задовољавајући. Због тога се квалитет ситних честица додатно испитивао преко опита метилен-плаво (MB). Резултати испитивања показали су да агрегати имају дозвољен садржај минерала глина. Да би се избегло одбијање добрих агрегата за израду носећих слојева коловозне конструкције, оцену употребљивости вршили смо према MB, док смо SE више везали за гранулометријски састав агрегата. Због напред наведенихог, закључено је да је неопходна континуирана контрола квалитета производње у погледу гранулометријског састава, садржаја ситних честица, еквивалента песка и метилен-плаво за оба агрегата. За потврду добијених закључака коришћена је анализа носивости доњих носећих слојева на аутопуту Е-75, БЕОГРАД – НИШ – СКОПЉЕ, деоница: Букуревац – Граница Македоније, km 966+000 – km 976+250, лева страна коловоза, где је камени агрегат са сепарације "Стрезовце" уграђен 2011. године.

Кључне речи: технички услови, агрегат мермера, еквивалент песка, метилен-плаво

1.УВОД

Усаглашавање Техничких услова за квалитет агрегата из Главног пројекта [1] и квалитета доступних камених агрегата је проблем са којим се пројектант често сусреће у фази изградње коловозне конструкције. Агрегати за доње носеће слојеве треба у погледу квалитета да задовоље техничке услове из пројекта базиране на лабораторијским испитивањима из SRPS EN стандарда, да имају малу цену производње и/или експлоатације и да су близу трасе пута. Одабир агрегата за невезане и хидраулички везане слојеве врше извођачи радова из каменолома који се налазе у околини трасе пута. Минералошко-петрографска врста и техничка својства доступних агрегата условљена су геолошком подлогом шире околине трасе пута. У случају да техничка својства агрегата нису у сагласности са техничким условима из пројекта, извођачи радова захтевају допунска испитивања агрегата као и стручно мишљење пројектанта и лабораторије о употребљивости истих.

Квалитет каменог агрегата разматран је у раду [2]. Табеларно су презентоване минималне вредности еквивалента песка и максималне вредности за метилен-плаво према међународним спецификацијама (француским, америчким, грчким). Утврђено је да корелације нема и да је то последица различите природе тестова. Кречњачки агрегати са задовољавајућим еквивалентом песка сигурно постижу задовољавајућу вредност метилен-плаво. Међутим, то није случај за остале агрегате. Постоје случајеви да је еквивалент песка задовољавајући, али агрегат може да садржи минерале глина и да не задовољи критеријум за метилен-плаво (и обрнуто). Ово може водити до прихватања неодговарајућег агрегата или до одбијања одговарајућег агрегата. Због тога би требало за агрегате који нису кречњачки извести оба теста, а одлуку о прихватљивости агрегата треба базирати на критеријуму метилен-плаво.

Вредновање квалитета ситних честица у агрегату према SE и MB није нимало једноставно [3]. До сада су испитивања MB на каменим агрегатима у Европи примењивале само две (односно три) земље, тако да некритично преузмање њихових захтева не би имало смисла. Битна чињеница је да свака земља мора сама да одреди критеријуме које произвођачи у стању да испуне, уважавајући природу агрегата и степен развијености технологије. При томе се мора водити рачуна, да критеријуми не буду прениски што би штетило квалитету тампонског агрегата.

Стандард SRPS EN 13242:2010 [4] указује да се повећан садржај ситних честица може позитивно оценити ако постоји доказ о коришћењу агрегата без предходних негативних искустава. У циљу позитивне оцене о употребљивости каменог агрегата са сепарације "Стрезовце" за израду невезаних слојева, користили смо анализу носивости доњих носећих слојева на основу мерења дефлексија на аутопуту Е-75, БЕОГРАД – НИШ – СКОПЉЕ, деоница: Букуревац – Граница Македоније, km 966+000 – km 976+250, лева страна коловоза [5], где је овај агрегат уграђен током 2011. године.

2. ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ИЗ ПРОЈЕКТА

Главни пројекат аутопута Е-75, Београд – Ниш - граница са Македонијом, деоница: ВЛАДИЧИН ХАН – ДОЊИ НЕРАДОВАЦ km 900+100,90 – km 926+357,02; књига 4.1 - Пројекат коловозне конструкције, урађен је у „Институту за путеве" а.д. Београд 2010.године.
Предмет пројекта је рехабилитација постојећег пута који се на одређеним потезима користи за функцију леве траке аутопута Е-75 (Сектор 3 - l ≈ 10.088 km, Сектор 4 - l ≈ 5.676 km) и нови коловоз „основне трасе" аутопута.
За доњи носећи слој пројектом је предвиђен невезани дробљени минерални материјал максималне величине зрна 31,5 mm. У следећим поглављима дат је извод дела Техничких услова, чије усаглашавње са квалитетом доступних агрегата су тема овог рада.

2.1. Физичке особине каменог агрегата

Основни материјал треба да буде мешавина зрна насталих дробљењем стена, грубих природних зрна или вештачког камена. Услови квалитета детаљно су објашњени у стандарду SRPS EN 13242:2007- [4]
Мешавину невезаног каменог агрегата чине фракције дробљеног камена, камене ситнежи, песка и пунила чиме се обезбеђује захтевани гранулометријски састав, приказан у табели 1. Одређивање гранулометријског састава је дефинисано је у стандарду SRPS EN 933- 1:2009. Гранулометријски састав дат у табели 1.:

Табела 1. *Гранулометријски састав невезаног каменог агрегата*

Квадратни отвор сита (mm)	Пролаз кроз сита, према масама % дробљени агрегат 0/31.5 mm
0.09	2-9
0.25	5-15
0.50	8-21
1.0	11-30
2.0	15-40
4.0	20-50
8.0	28-62
16.0	46-75
31.5	95-100
45.0	100

Извор: Технички услови из Главног пројекта

треба да задовољи и следеће захтеве
- коефицијент једноликости Cu > 6
- коефицијент закривљености CC = 1 ÷ 3.

Камени агрегат може у свом саставу имати компоненте чија је величина мања од 0.063mm (према SRPS EN 13242:2007) у следећој количини:
- на депонији до 5% (тежински)
- након уграђивања до 8% (тежински).

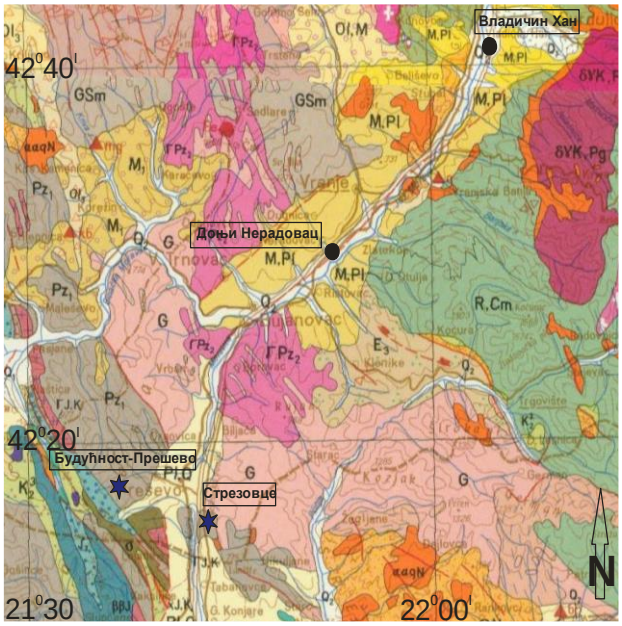
Удео камених зрна величине до 0.02mm не сме бити већи од 3% (тежински). Индекс пластичности финих честица (мањих од 0.425mm) мора бити мањи од 6.
Еквивалент песка мора бити најмање 60 – SEmin=60 (у складу са SRPS EN 933- 8:2008).

2.2. Механичке особине каменог агрегата

Механичке особине каменог агрегата морају да задовоље следеће услове:
Вредност коефицијента отпорности фракција на дробљење, одређен по поступку Los Angeles (SRPS EN 1097-2:2008), сме износити највише 30%.
Вредност отпорности камених зрна на смрзавање одређена (по SRPS EN 1367-2:2009) испитивањем магнезијумовим сулфатом и изражена у постотку огуљених делова од првобитне смесе узорка, сме износи до 25m.-%, а испитивањем натријум сулфатом до 5m.-%.
У каменом агрегату је дозвољено највише 20 m.-% зрна, код којих облик не одговара услову l:d ≤ 3:1 (испитивања по EN 933-4:2010).
У каменом агрегату, садржај органских примеса не сме обојити 3%-ни раствор натријумовог талога тамније од референтне боје (испитивање по SRPS EN 1744-1:2009).
Камени агрегат за тампонски слој не сме садржати штетна неквалитетна зрна или примесе (испитивања према SRPS EN 1744-1:2009). Коефицијент носивости каменог агрегата, одређен у лабораторији по калифорнијском поступку CBR мора износити најмање 80%.

3. ГЕОЛОШКА ПОДЛОГА И ДОСТУПНИ АГРЕГАТИ У БЛИЗИНИ ТРАСЕ ПУТА

Траса пута на деоници Владичин Хан – Доњи Нерадовац простире се дуж речног корита Јужне Мораве на кенозојским творевинама које покривају или пробијају доњи и горњи комплекс Српско – македонске масе рифеј-камбријумске старости (Геолошка карта СФРЈ 1:500 000). Према поменутој геолошкој подлози, доступни агрегати који се налазе у близини поменуте трасе, а који се могу користити за изградњу доњег носећег слоја коловозне конструкције су следећи: шљункови, дацито-андезити, ситнозрни гранодиорити кенозојске старости; ситнозрни гранити и гнајсеви, мермери, габрови, дијабази, амфиболити рифеј-камбријумске старости.



Терен је изграђен од -кенозојских творевина: холоцена (Q_2) и плеистоцена (Q_1); кластита, кречњака миоцен-плиоценске (M,Pl) и доње миоценске старости (M_1); флиша и моласа горњег еоцена (E_3); дацито-андезита, игнимбрита и пирокластита (ααqN); гранодиорита (δ𝛶K,Pg); - мезозојских творевина: кречњака, доломита и кластита сенонске старости (K_2^3), кречњака, доломита и бреча малма (J_3), дијабаза и спилита (ββJ); -палеозијско-протерозојских творевина: гранита и гранодиорита ($ГPz_2$); гнајсева, лептинолита и микашиста (GSm); гнајсева (G).

Слика1. Геолошка карта 1:500 000, детаљ
Извор: Савезни геолошки завод, Београд (1970)

Прегледом базе података Лабораторије за камен и камене агрегате Института за путеве ад Београд у 2013. години [6], а према задатим критеријумима, испитани су следећи материјали: *дацити* “Барице“ код Сурдулице, *шљунак* “Сушара“ код Босилеграда, *габрови* “Раков Дол“ код Власотинца, *мермери* “Стрезовце” код Прешева и “Будућност” код Прешева. Извођач радова је извршио одабир последња два поменута агрегата који су као такви предмет анализе овога рада.

4. МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА

Сепарације “Стрезовце” и “Будућност” код Прешева су у 2013. години испитале дробљене агрегате у гранулацији 0/31,5mm за израду доњег носећег слоја од невезаног каменог

материјала према SRPS стандардима. У складу са захтевима из Главног пројекта, а на захтев WIRTGEN SRBIJA (“Стрезовце”), OGRANAK TERNA S.A. SERBIA (“Будућност”), урађена су додатна лабораторијска испитивања према SRPS EN стандардима: испитивања гранулометријског састава, садржаја честица (f), отпорности на дробљење (LA), постојаности на дејство мраза (MS), садржаја органских материја и облика зрна 3:1 (SI). Квалитет ситних честица утврђен је преко еквивалента песка (SE) и метилен-плаво (MB).

Неслагања резултата испитивања квалитета ситних честица испитаних према двема методама условила су детаљнију анализу процедуре добијања резултата испитивања и интерпретације истих.

Процедура из стандарда за еквивалент песка [7] налаже да се узорак фракције 0/2mm (референтна) или 0/4mm, масе 120g (макс. влага до 2%) кваси раствором за испирање 10 min. Раствор је на бази глицерина који одваја честице глине обавијене око честица песка и не дозвољава глиновитим честицама да се таложе, док честице песка падају на дно. Узорак и раствор се затим добро измућкају, долије се раствор за испирање до врха мензуре и након 20 min врши се читање. Резултат испитивања SE даје однос песковитих фракција у узорку у односу на укупан садржај висине стуба песка и глине. Што је већи еквивалент песка, резултат је бољи.

Разлике између стандарда за еквивалент песка из 2008. и 2013. године [8] су значајне, а тичу се одређивања садржаја влаге у узорку пре испитивања (max 2%) и корекције масе тест узорка 0/2mm ако је садржај ситних честица већи од 10%. Корекција масе тест узорка састоји се из свођења садржаја ситних честица (f) на 10% и одређивања еквивалента песка на новоформираном узорку - SE_{10}. Ако је садржај ситних честица мањи од 10% тест се изводи без корекције масе. Што је у узорку већи садржај ситних честица, већа ће бити и корекција масе тест узорка. Процедура за фракцију 0/4mm се не мења, али се ограничава садржај влаге у узорку на 8%.

Метилен-плаво [9] метода састоји се од прављења суспензије 200g узорка и 500ml воде у који се након 5 min мешања постепено додаје по 5ml (2ml) раствора метилен-плаво. Адсорпција обојеног раствора узорка за испитивање проверава се после сваког додавања раствора на основу појаве ореола плаве боје око капи суспензије на филтер папиру. Када се ореол задржи дуже од 5 min опит је завршен. Вредност метилен-плаво (MB) рачуна се и изражава као грам бојитеља адсорбован по килограму фракције агрегата (g/kg). Што је мања вредност метилен-плаво, резултат је бољи. Разлике између стандарда из 2008. и 2013. године су минималне, а тичу се одређивања садржаја влаге у узорку пре испитивања.

5. РЕЗУЛТАТИ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА

5.1.Минералошко-петрографски састав

Калцитски мермери “Стрезовце” су светлосиве до крем боје, гранобластичне структуре и масивне текстуре. Микроскопски се састоје од кристаластог калцита, величине зрна углавном око 0,1-0,2 mm, која срастају делимично по равним, а делимично по назубљеним површинама. Испресецани су жилицама од кристаластог калцита и прслинама запуњеним глиновито-лимонитском материјом. Прелом стене је раван са фино храпавом преломном површином и умерено оштрим ивицама лома. Стена бурно реагује на 5%-тну хлороводоничну киселину.



Слика2. *Узорак камена “Стрезовце” (лево) и “Будућност” (десно), Извор, Оливера Ђокић,2014*

Калцитски мермери “Будућност” (каменолом „Душкина махала“ у бази података) су снежно беле боје, гранобластичне структуре и масивне текстуре. Микроскопски се састоје од изометричних зрна калцита, величине зрна углавном око 0,5-1,5 mm, која чешће срастају по равним, него по назубљеним површинама. Ретко су испресецани жилицама од кварца. Прелом стене је нераван са грубохрапавом преломном површином и оштрим ивицама лома. Стена бурно реагујена 5%-тну хлороводоничну киселину.

5.2. Техничке карактеристике агрегата

Техничке карактеристике агрегата мермера из каменолома “Стрезовце” утврђене су у једној анализи по SRPS EN стандардима, односно у две анализе агрегата из каменолома “Будућност”. У раду нису приказане гранулометријске криве зато што гранулометријски састав агрегата зависи од технологије производње, која даље утиче на варирања садржаја ситних честица, еквивалента песка и облика зрна агрегата, али суштински не утиче на квалитет ситних честица.

Табела 2. *Техничка својства агрегата*

ТЕХНИЧКА СВОЈСТВА АГРЕГАТА	МЕТОДА ИСПИТИВАЊА ПРЕМА	сепарације “СТРЕЗОВЦЕ”	“БУДУЋНОСТ”-ПРЕШЕВО I анализа	“БУДУЋНОСТ”-ПРЕШЕВО II анализа	Аутопут Е-75, Деоница: В.Хан - Д. Нерадовац класа
ОТПОРНОСТ НА ДРОБЉЕЊЕ (%)	SRPSEN 1097-2 [10]	25	-	30	$LA_{30\ (макс)}$
ОБЛИК ЗРНА КРУПНОГ АГРЕГАТА(%)	SRPSEN 933-4 [11]	18	-	7	$SI_{20\ (макс)}$
САДРЖАЈ ОРГАНСКИХ МАТЕРИЈА	SRPSEN 1744-1 [12]	негативан тест	-	негативан тест	негативан тест
ПОСТОЈАНОСТ НА ДЕЛОВАЊЕ МРАЗА (%)	SRPSEN 1367-2 [13]	2	-	4	$MS_{25\ (макс)}$
ГРАНУЛОМЕТРИЈСКИ САСТАВ	SRPSEN 933-1 [14]	није повољан(сувише крупан)	повољан	условно повољан(повећан f)	у пољу
САДРЖАЈ СИТНИХ ЧЕСТИЦА < 0,063 mm (%)	SRPSEN 933-1	1,9	4	6,8	(макс) f_5на депонији f_8 након уграђивања
ЕКВИВАЛЕНТ ПЕСКА (%) 0/2 mm	SRPSEN 933-8	28	50	-	$SE_{60\ (мин)}$
0/4mm		50	57	44	
МЕТИЛЕН ПЛАВО (g/kg)	SRPSEN 933-9	2,28	0,78	0,68	-
коефицијент једноликости Cu	-	4	42	71	Cu>6
коефицијент закривљености Cc		1,4	5	3,1	Cc=1-3
					BS EN 13242:2013
садржај фракције 0/2mm/100	SRPSEN 933-1	0,048	0,23	0,25	
МЕТИЛЕН ПЛАВО(g/kg) $MB_{0/32}$	SRPSEN 933-9	0,11	0,18	0,17	MB_A 0,8

Извор: База података Лабораторије за камен и камене агрегате за 2013. годину

Првобитно је еквивалент песка рађен на референтној фракцији 0/2mm. Како су резултати испитивања били ниски, утврђен је еквивалент песка у фракцији 0/4mm. Услед преклапања процедуре испитивања европског стандарда за еквивалента песка (0/4mm) са српским стандардом, лабораторија је у Извештајима приказала резултате испитивања за фракцију 0/4 mm за оба каменолома.

6. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА

6.1. Сепарација “Стрезовце”

Отпорност на дробљење (LA) је задовољавајућа. Облик зрна агрегата (SI) је близу максимално дозвољеног што је последица технологије производње и указује на потребну корекцију на дробиличном постројењу. Агрегат нема органских материја; постојан је на дејство мраза.

Гранулометријски састав агрегата није повољан. Гранулометријска крива пада знатно испод доње границе поља што указује да је агрегат крупнозрнији. Еквивалент песка је нижи од прописаног. Вредност метилен-плаво је 2,28g/kg. Важећи српски стандард SRPS EN

13242:2010 у тачки 4.7 прописује да се, ако је садржај ситних честица већи од 3% масе агрегата, оцени присуство штетних честица у складу са нормативним Прилогом А - испитивањем SE, MB или да постоји доказ о коришћењу агрегата без предходних негативних искустава. Безбедних граница за предвиђене опите по српским техничким условима нема [15]. У пројекту није прописана максимална вредност MB, тако да вредновање добијених резултата није било могуће.

Вредновање резултата извршили смо класификовањем агрегата према понуђеним класама из стандарда BS EN 13242:2013 [16]. Резултат $MB_{0/32}$(0,11) га сврстава у најзахтевнију класу MB_A 0,8. Чак и да је гранулација агрегата била повољна, вредност метилен–плаво би множили са 0,275 (идеални пролаз фракције у мешавини према задатом пољу подељен са 100), па би вредност $MB_{0/32}$ била 0,63, односно агрегат би опет спадао у исту класу чистоће. Минералошко-петрографским испитивањима констатовано је да се стена састоји од минерала калцита, а да је испресецана калцитским жилицама и системом прслина и пукотина које су запуњене глиновито-лимонитском материјом. Из напред наведеног се може закључити да је садржај минерала глина из ових система пукотина у агрегату дозвољен.

6.2. Сепарација “Будућност”

Отпорност на дробљење (LA) је на граници употребљивости, што је и очекивано обзиром да је стена крупнијег зрна у односу на “Стрезовце”, и указује на потребну чешћу контролу параметра дробљивости у току изградње предвиђене деонице пута. Облик зрна агрегата (SI) је повољан. Агрегат нема органских материја; постојан је на дејство мраза.

Гранулометријски састав агрегата у првој анализи је повољан, док је у другој анализи условно повољан (ситнозрнији је од препорученог), па је и садржај ситних честица и учешће фракције 0/2mm у укупној маси благо повећан, а самим тим и еквивалент песка смањен. Квалитет ситних честицаје, изражен преко вредности MB и $MB_{0/32}$ је задовољавајући, односно агрегат не садржи минерале глина. Са малим променама гранулометријског састава, еквивалент песка се мења, док метилен-плаво показује мала одступања вредности.

6.3. Мишљење о употребљивости агрегата

Лабораторија је утврдила да резултат еквивалента песка у агрегату није добар, а да је резултат за метилен-плаво добар. Проблем настаје када је потребно дати коначно мишљење да ли је агрегат повољан за употребу за невезане и хидраулички везане слојеве коловозне конструкције или не.

Калцитски мермери са сепарација “Стрезовце” и “Будућност” код Прешева су метаморфне стене настале у геолошким процесима прекристализације кречњака, односно ради се о не-кречњачким агрегатима код којих су у оба случаја утврђене вредности еквивалента песка незадовољавајуће, а вредности метилен-плаво задовољавајуће. Ове метаморфне стене су изграђене од меканог минерала калцита (тврдоћа 3 по Мосу) чија су зрна (микроскопски) крупнија од кречњачких зрна. У процесу дробљења дају повећан садржај ситних честица. Ако су ове честице каменог порекла оне у агрегату не сметају, под условом да је гранулометријска крива у пољу.

На основу анализе параметара еквивалента песка и метилен-плаво агрегата мермера “Стрезовце” и “Будућност” код Прешева, када вредновање резултата базирамо на критеријуму метилен-плаво, закључујемо да се поменути агрегати могу употребити за израду невезаних и хидраулички везаних слојева пута на деоници Владичин Хан – Доњи Нерадовац. Остаје појачана контрола дробљивости код агрегата “Будућност”-Прешево и наравно континуирана контрола производње агрегата, односно гранулометријског састава агрегата обе сепарације.

7. АНАЛИЗА ТЕХНИЧКИХ УСЛОВА ИЗ ПРОЈЕКТА

Технички услови из пројекта се у потпуности ослањају на Техничке услове за грађење путева у Републици Србији, издате 2009 и 2012. године [17]. Могући проблем у примени истих уочен је тек при извођењу радова. Утврђено је да камени агрегати у близини трасе пута не испуњавају све критеријуме из Техничких услова, зато што је еквивалент песка био мањи од захтеваног. У

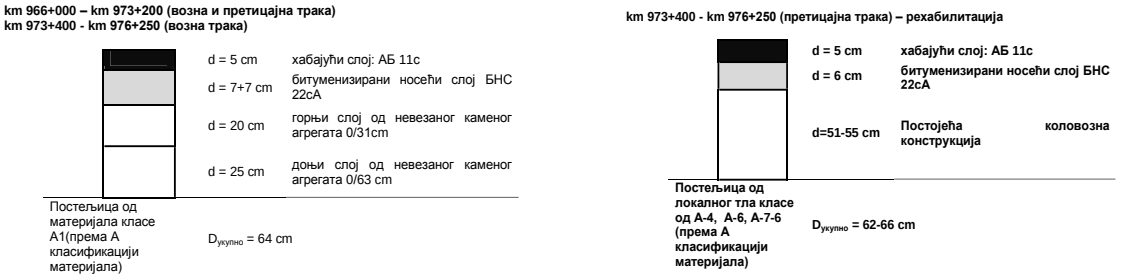
претходном периоду исти агрегати су коришћени при изградњи путева тј. изради доњих носећих слојева на основу Општих техничких услова, који су били на снази до 2012.год. у којима није ни дефинисан критеријум за еквивалент песка, тако да су испуњавали све задате критеријуме.

У циљу оцене о употребљивости агрегата са сепарација "Стрезовце" за израду невезаних и хидраулички везаних слојева, урађена је анализа носивости [18] дробљеног каменог агрегата у току експлатације. Извршено је мерење дефлексија на аутопуту Е-75, БЕОГРАД – НИШ – СКОПЉЕ, деоница: Букуревац – Граница Македоније, km 966+000 – km 976+250, лева страна коловоза, где је овај камен уграђен у доњи носећи слој током 2011. године и анализирани резултати испитивања носивости текуће контроле при извођењу радова.

7.1. Анализа носивости дробљеног каменог агрегата уграђеног на аутопуту Е-75, БЕОГРАД – НИШ – СКОПЉЕ, деоница: Букуревац – Граница Македоније, km 966+000 – km 976+250, лева страна коловоза

Приликом ове анализе коришћени су подаци добијени од извођача радова и подаци из Главног пројекта коловозне конструкције, као и подаци добијени од текуће контроле при извођењу радова.

Установљено је да је на потезу km 966+000 – km 973+200 на левој страни коловоза изведена нова коловозна конструкција, а на потезу km 973+400 - km 976+250 изведено је проширење коловоза, тј. на возној и зауставној траци изведена нова коловозна конструкција, док је претицајна трака рехабилитована. Структура коловоза дуж ове деонице је:



Слика3. Структура коловоза дуж предметне деонице *(Извор, Сузана Стефановић,2011)*

7.1.1. Дефлексије коловозне конструкције

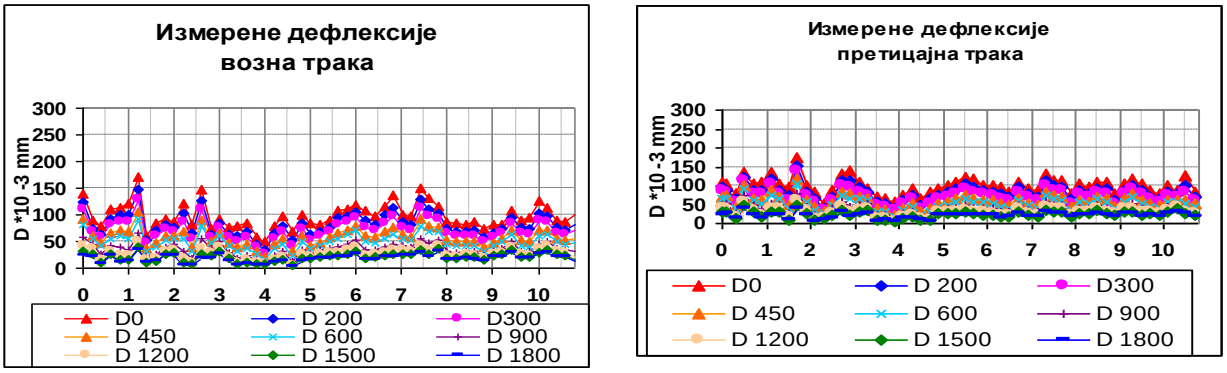
Мерење дефлексија је извршено недеструктивном методом, односно дефлектометром са падајућим теретом (HWD 8081 - Dynatest) новембра 2013. год. Избором терета и висине пада, наношена је сила од ~50kN на кружну плочу пречника ∅300mm, која је била постављена на површину коловоза. Контактно оптерећење је било ~707kPa. На свакој мерној тачки на коловозу, извршена су 3 ударца.

Мерење дефлексије при сваком ударцу је вршено геофонима постављеним на следећим удаљењима од центра кружне плоче: r = 0mm , 200mm, 300mm, 450mm, 600mm, 900mm, 1200 mm, 1500mm и 1800mm. Мерење и резултати мерења су праћени преко процесора и рачунара, а осим параметара под којим је извршено мерење и резултата мерења, меморисана је и стационажа као и температура ваздуха и коловоза.

Мерење вршено на сваких 200m на претицајној и на возној траци. Укупан број опитних места је 110 (55 мерења по траци).
Температуре ваздуха и асфалта у време мерења су биле:

$t_{ваз.}$= 19-22°C $t_{асф.}$= 20-24°C

На следећим дијаграмима приказане су измерене дефлексије испод свих девет геофона на температури мерења.



Слика4. Измерене дефлексије на возној траци (лево) и претицајној траци (десно)
(Извор, Сузана Стефановић, 2011)

На основу измерених дефлексија и оштећености коловозне површине издвојени су хомогени потези и за њих су, статистичком обрадом података, добијене следеће вредности параметара крутости. Ови параметри су приказани у табели 3.

Табела3. *Вредности параметара*

Статистички подаци	Измерене дефлексије (10^{-3} mm)									SCI	BDI
	$d_{0,кор.}$	d_{200}	d_{300}	d_{450}	d_{600}	d_{900}	d_{1200}	d_{1500}	d_{1800}	$d_0 - d_{300}$	$d_{600-} d_{300}$
Возна трака											
km 966+000 - km 969+028											
avg	87	77	67	55	47	35	28	23	20	20	20
stdev	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	4
kv	0.15	0.16	0.16	0.18	0.19	0.22	0.24	0.25	0.26	0.20	0.18
85%	102	93	83	70	60	45	36	29	25	24	24
km 969+028 - km 971+428											
avg	109	99	87	71	61	44	33	27	22	22	26
stdev	15	14	12	10	10	7	6	5	4	5	5
kv	0.14	0.14	0.14	0.14	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.21	0.18
85%	125	112	97	79	69	52	41	33	28	27	31
km 971+428 - km 974+228											
avg	75	65	56	46	39	27	20	16	13	18	17
stdev	13	14	13	12	12	11	9	8	7	5	4
kv	0.18	0.22	0.24	0.27	0.30	0.39	0.46	0.51	0.54	0.25	0.23
85%	86	79	69	57	50	37	29	24	19	23	20
km 974+228 - km 975+628											
avg	90	82	72	58	49	34	24	18	14	18	22
stdev	27	24	22	18	16	13	11	9	7	7	7
kv	0.30	0.29	0.30	0.31	0.33	0.39	0.44	0.48	0.53	0.38	0.32
85%	116	104	90	71	58	45	36	27	23	26	32
km 975+628 - km 976+828											
avg	111	100	89	73	63	44	32	25	19	22	25
stdev	29	28	25	20	17	13	11	10	9	6	9
kv	0.27	0.28	0.28	0.27	0.27	0.30	0.35	0.42	0.45	0.26	0.35
85%	135	126	112	94	83	60	43	33	25	27	32
Претицајна трака											
km 966+000 - km 971+828											
avg	101	85	74	61	53	40	32	26	22	27	21
stdev	15	13	12	10	10	8	6	5	5	5	4
kv	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.19	0.17
85%	116	98	85	71	63	47	39	31	27	30	25
km 971+828 - km 973+828											
avg	80	65	56	45	38	27	20	15	12	24	18
stdev	17	16	16	15	16	14	12	10	8	4	3
kv	0.21	0.25	0.28	0.35	0.41	0.51	0.60	0.64	0.68	0.18	0.16
85%	92	79	71	61	56	44	34	27	22	28	20
km 973+828 - km 976+028											
avg	108	92	81	68	60	44	33	26	20	27	21
stdev	29	28	26	23	21	18	14	12	10	7	7
kv	0.27	0.30	0.31	0.33	0.35	0.40	0.43	0.46	0.48	0.27	0.33
85%	136	117	103	86	75	55	42	35	29	34	28

Извор: Извештај о мерењу дефлексија 2011.

Вредности измерене дефлексије d_0 и параметара SCI и BDI указују да су обе траке коловоза у добром стању тј. добијене су сличне вредности параметара крутости, што указује на хомогеност у попречном смислу.

7.1.2. Оцена ефективне носивости постојеће коловозне конструкције и носећег слоја од дробљеног каменог агрегата

Утврђивање постојеће носивости SNeff урађено је према AASHTO методи на основу измерених угиба.

Ефективна носивост се рачуна према следећој релацији:

$SNeff = 0{,}0237 \times D \times Ep^{1/3}$
где су:
D- укупна дебљина коловозне конструкције(cm)
Ep - ефективни модул коловозне конструкције (MPa)

Срачунате вредности ефективне носивости по хомогеним потезима приказане су у следећој табели.

Табела 4. *Вредности параметара*

Потез:	Sneff (cm)	Ep(MPa)	Mr(MPa)	Mrproj (MPa)
Возна трака				
km 966+000 - km 969+028	21,42	3051	282	94
km 969+028 - km 971+428	19,79	2400	250	83
km 971+428 - km 974+228	22,39	3488	349	116
km 974+228 - km 975+628	19,89	2437	280	93
km 975+628 – km 976+828	19,04	2136	232	77
Претицајна трака				
km 966+000 - km 971+828	20,39	2628	263	88
km 971+828- km 973+828	22,41	3498	296	99
km 973+828- km 976+828	19,23	2099	241	80

Извор: Извештај о мерењу дефлексија 2011.

Напомена: Да би добили вредност Mr proj потребно је кориговати добијену вредност Mr модула постељице фактором корекције C, да би била конзистента са вредношћу која се употребљава у методи AASHTO за димензионисање нових коловозних конструкција. Препоручена вредност фактора корекције C је 0.33.

На основу ефективне носивости коловоза Sneff и пројектног модула постељице Mr proj можемо закључити да коловозна конструкција задовољава услове носивости за прогнозирано саобраћајно оптерећење за период од 20 година ECO =15,3 x 10^6 стандардних осовина по једном смеру.

У следећој табели дат је приказ ефективне носивости $Sneff_{,дк}$ и ефективног модула $Ep_{,дк}$ на врху носећег слоја од дробљеног каменог агрегата.

Табела 5. *Вредности параметара*

Потез:	Sneff (cm)	Ep(MPa)	Потез:	Sneff (cm)	Ep(MPa)
Возна трака			Претицајна трака		
km 966+000 - km 969+028	13,42	1992	km 966+000 - km 971+828	12,39	1568
km 969+028 - km 971+428	11,79	1350			
km 971+428 - km 974+228	14,39	2455	km 971+828- km 973+828	14,41	2465
km 974+228 - km 975+628	11,89	1385	km 973+828- km 976+828	8,03	427
km 975+628 – km 976+828	11,04	1109			

Извор: Извештај о мерењу дефлексија 2011.

На основу добијених резултата можемо рећи да је носивост на врху носећег слоја од дробљеног каменог агрегата задовољавајућа.

На потезу km 973+828 - km 976+828 претицајне траке где је изведена рехабилитација, добијене су најниже вредности. Добијене вредности представљају модул на врху постојећег коловоза пре

извођења појачања (тампонски слој и стари асфалтни слој). Поређењем ових резултата можемо закључити да је боља носивост нових носећих слојева од дробљеног каменог агрегата.

7.2. Приказ резултата испитивања носивости текуће контроле при извођењу радова

Текућу контролу при извођењу радова вршио је „Институт за испитивање материјала“ а.д. Београд.

Марта месеца 2011. године вршено је испитивање модула стишљивости на слоју доњем носећем слоју од дробљеног аграгата у гранулацији 0/31,5 mm. Испитивања су вршена на стационажама km 971+474,50 (на профилу 210) и km 971+499,47 (на профилу 211). Добијене вредности модула стишљивости биле у распону Ms=122,4-139,5 MPa, што је веће од захтеване вредности Ms=120 MPa.

8. РЕЗУЛТАТИ АНАЛИЗЕ

Поређењем резултата лабораторијских испитивања мермера из сепарација “Стрезовце” и “Будућност” са Техничким условима за Аутупут Е-75, Деоница: В.Хан – Д. Нерадовац, књига 4 – КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ, констатовано је да резултати испитивања у оба случаја нису у потпуности усаглашени са Техничким условима. Извођач радова је захтевао мишљење пројектанта и лабораторије о повољности агрегата за уградњу у доњи носећи слој.

На основу резултата лабораторијских испитивања и анализе измерених дефлексија закључили смо да се дробљени камени агрегат из каменолома/сепарације „“Стрезовце”“ може употребити за израду доњих носећих слојева и тампонског слоја на делу аутопута Е- 75 деоница Владичин Хан – Доњи Нередовац, под следећим условима:

1) стална контрола процеса дробљења, да би се задовољио критеријум гранулометријског састава (према учесталости датој у Техничким условима);
2) стална контрола еквивалента песка који мора бити најмање 50 – ESmin=50 (према учесталости датој у Техничким условима);
3) стална контрола квалитета ситних честица опитом метилен-плаво при чему је потребно задовољити услов МВ $\leq$ 2,5 g/kg (према учесталости опита еквилента песка датој у Техничким условима).

Наведени критеријуми су усвојени посматрајући међународна искуства која указују да сам резултат опита еквивалент песка у случају агрегата који нису кречњачки не даје поуздане резултате, већ да је потребно да се уз њих анализирау резултати опита метилен-плаво. По француској норми NF XP P 18-540 за невезане носеће слојеве, потребно је испунити услов МВ $\leq$ 2,5 g/kg уколико је вредност еквивалента песка SE<50.

На исти начин усвојени су критеријуми за оцену употребљивости дробљеног каменог агрегата из каменолома/сепарације “Будућност” код Прешева.

У јануару 2014. године Лабораторија за камен и камене агрегате је усвојила ново издање стандарда за еквивалент песка SRPS EN 933-8:2013 и метилен-плаво SRPS EN 933-9:2013. Сличности и разлике између опита приказане су у поглављу 4 овога рада. Утицај нове методологије за еквивалент песка на резултате мермера приказани су у Табели 6.

Табела 6. *Техничка својства агрегата*

ТЕХНИЧКА АГРЕГАТА	СВОЈСТВА	МЕТОДА ИСПИТИВАЊА ПРЕМА	“БУДУЋНОСТ”-ПРЕШЕВО 1 некоригован узорак	2 коригован узорак	3 коригован узорак, f замењене са глином	Аутупут Е-75, Деоница: В.Хан - Д. Нерадовац
ЕКВИВАЛЕНТ ПЕСКА (%) 0/2 mm		SRPSEN 933-8	SE 37	w 0,07 f 24,7 SE_{10} 71	w 0,07 f 24,7 SE_{10}41	$SE_{60\ (мин.)}$
0/4mm			-	-	-	
МЕТИЛЕН ПЛАВО (g/kg)		SRPSEN 933-9	2,28	-	> 5,8	-

Извор: Лабораторија за камен и камене агрегате

Просејан је исти узорак агрегата мермера “Будућност” (табела 2) гранулације 0/31.5mm на ситу 0/2mm. Овако формирана фракција 0/2mm је подељена методом четвртања. На једном делу некоригованог узорка утврђен је еквивалент песка SE (1). На другом делу узорка утврђен је садржај ситних честица (f), влаге (w), извршена корекција масе и утврђен SE_{10}(2). Узорак 2 има повећан садржај ситних честица, али су оне каменог (калцитског) порекла.

У трећем узорку са коригованом масом (3) извучене су камене ситне честице методом сувог просејавања на ситу 0,063 mm, које су замењене глином индекса пластичности око 80 чија је величина зрна мања од 0,063 mm. Утврђен је SE_{10}. На истом узорку опит метилен-плаво је прекинут на додатих 125 ml раствора бојитеља, односно када је MB у узорку био већи од 5,8. Узорак 3 има повећан садржај ситних честица, али су оне глиновитог порекла.

Из напред наведеног се може закључити да се квалитет ситних честица може утврдити опитима еквивалент песка и метилен-плаво. Код коришћења стандарда из 2009. године дешавало се да се резултати из оба опита не подударају, чиме се ствара забуна око укупног вредновања квалитета агрегата. Корекцијим масе тест узорка еквивалента песка из 2013. године, ситне честице се своде на 10%, а резултат SE_{10} указује да ли су те честице каменог или глиновитог порекла.

Позитивно мишљење о употребљивости агрегата додатно је поткрепљено испитивањима дефлексија на деоници са већ уграђеним материјалом из 2011. године и новом методологијом за испитивање еквивалента песка из 2013. године.

9. ЗАКЉУЧАК

У фази пројектовања коловозне конструкције, треба водити рачуна да технички услови за квалитет каменог агрегата буду усаглашени са квалитетом доступног и расположивог каменог агрегата за њену изградњу. Ако се фази извођења радова појаве проблеми у вези употребљивости каменог агрегата неопходно је консултовати пројектанта коловозне конструкције.

У случају мермерних стена које имају задовољавајућу отпорност на дробљење, повољног су облика зрна и постојани су на дејство мраза, често се дешава да им гранулометријски састав варира. Такође, може се десити да вредност еквивалента песка (SE) буде испод прописане вредности, а метилен-плаво (MB) је у задовољавајућим границама. Узрок неслагања резултата између ова два опита лежи у минералошко-петрографском саставу стене: мермери су метаморфне стене карбонатног састава које, због присуства крупнијих калцитских зрна мале тврдоће, у процесу дробљења дају повећан садржај ситних честица. Метода за еквивалент песка ове честице детектује као да су минерали глина. Метилен-плаво даје ниску вредност која указује да нема повећаног садржаја минерала глина, односно да су ситне честице каменог порекла.

Због напред наведеног неопходна је континуирана контрола квалитета: гранулометријског састава, садржаја ситних честица, вредности еквивалента песка и метилен-плаво, а додатно и отпорности на дробљење ако је то потребно. Препорука је да када SE и MB нису у сагласности, а да би се избегло одбијање добрих агрегата за израду носећих слојева коловозне конструкције, оцену употребљивости вршити према MB, док SE везати за гранулометријски састав агрегата.

У сваком случају закључак је да је техничке услове потребно кориговати уз примену допунских испитивања и прилагођавања расположивим материјалима који су се показали као задовољавајући у путоградњи. Такође, неопходно је да се уз критеријум за SE дефинише и критеријум за MB и чиме ће се додатно осигурати прави избор агрегата.

Захвале

Рад је проистекао из Главног пројекта аутопута Е-75, Београд – Ниш - граница са Македонијом, деоница: ВЛАДИЧИН ХАН – ДОЊИ НЕРАДОВАЦkm 900+100,90 – km 926+357,02; књига 4.1 - Пројекат коловозне конструкције, финансираним од стране ЈП "Путеви Србије", Захтева WIRTGEN SRBIJA (“Стрезовце”), OGRANAK TERNA S.A. SERBIA (“Будућност”) и испитивањима која су обављена у Лабораторији за камен и камене агрегате Института за путеве ад Београд.

Литература

[1] Ерјавец С. (2010): Главни пројекат аутопута Е-75, Београд – Ниш - граница са Македонијом, деоница: ВЛАДИЧИН ХАН – ДОЊИ НЕРАДОВАЦ km900+100,90 – km 926+357,02; књига 4.1 – Пројекат коловозне конструкције. "Институт за путеве" а.д. Београд.

[2] Nikolaides, A.; Manthos, E.; Sarafidou M. 2007. Sand equivalent and methylene blue value ofaggregates for highway engineering, Foundations of civil and environmental engineering, No 10. Publishing House of Poznan University of Technology, Poznań 2007, 111-121.

[3] Bohar, F., (2012): Vrijednosti metilen plavo i ekvivalent pijeska tamponskih agregata za nevezane nosive slojeve uSloveniji. Drugi BiH kongres o cestama. D-lzgradnja i održavanje cesta, 1-10.

[4] SRPS EN 13242 (2007,2010): Агрегати за невезане и хидраулички везане материјале за употребу у грађевинским радовима и изградњи путева.

[5] Стефановић, С. (2013): Мерење дефлексија на аутопуту Е-75, БЕОГРАД – НИШ – СКОПЉЕ, деоница: Букуревац – Граница Македоније, km 966+000 – km 976+250, лева страна коловоза."Институт за путеве" а.д. Београд.

[6] База података Лабораторије за камен и камене агрегате Института за путеве ад Београд.

[7] SRPSEN933-8(2008): Оцена садржаја ситних честица - Испитивање еквивалента песка.

[8] SRPSEN933-8(2013): Оцена садржаја ситних честица - Испитивање еквивалента песка.

[9] SRPSEN933-9 (2008,2013): Оцена садржаја ситних честица - Испитивање на метилен-плаво.

[10] SRPSEN1097-2(2013): Методе одређивања отпорности према дробљењу.

[11] SRPSEN933-4(2010): Одређивање облика зрна – Индекс облика.

[12] SRPSEN1744-1(2009): Хемијске анализе агрегата.

[13] SRPSEN1367-2(2010): Испитивање магнезијум-сулфатом.

[14] SRPSEN933-1(2013): Одређивање гранулометријског састава – Метода просејавања.

[15] ЈП Путеви Србије (2012): Технички услови заграђење путева у Републици Србији. 2. Посебни Технички услови. 2.4. Коловозне конструкције. Прво издање, Београд, 18-26.

[16] BS EN 13242 (2013): Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction.

[17] ЈП Путеви Србије (2009): Доњиносећи слој од невезаног каменитог материјала. Техничке спецификације, вер.4, Београд, 18-20.

[18] Стефановић, С. (2013): Оцена употребљивости дробљеног каменог агрегата из каменолома/сепарације „“Стрезовце”“ за израду доњих носећих слојева и тампонског слоја 0/31.5mm на делу аутопута е-75 деоница Владичин Хан – Доњи Нередовац. "Институт за путеве а.д. Београд".

PRIMENA VALJKOM ZBIJENOG BETONA U PUTOGRADNJI

Mirko D. Petković[1]
[1] *Keco Invest Engineering GmbH i Int. Experts Group, mirkopetkovic7@gmail.com*

Rezime: *Otkrićem valjkom zbijenog betona (RCC) i njegove mogućnosti da tehnički vrlo efikasno i ekonomično eliminiše uobičajeni metod rada i zameni klasični masivni beton, asfalt, kamen, zemlju i sličan građevinski materijal, praktično je započet još jedan alternativni pristup načinu izgradnje masivnih građevinskih konstrukcija, prvo u putogradnji i uopše niskogradnji, a zatim i u hidrogradnji.U radu su prezentirane osnovne informacije o ovom materijalu, njegovoj istoriji, sastavu, tehnologiji, primeni, ekonomskim pokazateljima, prednostima i sl.*
Ključne reči: V*aljkom zbijeni beton, istorija, kolovozne konstrukcije, produktivnost, ekonomija, ekologija.*

1. UVOD

Smanjenje troškova izgradnje masivnih betonskih konstrukcija, se postiže u najvećoj meri na dva načina: putem smanjenja cene izrade betona i putem smanjenja vremena njegove ugradnje, što se uobičajeno ostvaruje

1. minimizacijom količine cementa koji se koristi za spravljanje betona,
2. zamenom portland cementa u principu jevtinijim pucolanima,
3. upotrebom agregata maksimalno dozvoljene krupnoće zrna,
5. korišćenjem agregata spravljenog od lokalno raspoloživog materijala,
6. maksimalno dozvoljenim dimenzija sekcija i blokova plasiranja betona, kao i
7. upotrebom odgovarajuće mehanizacije

Valjkom zbijeni beton predstavlja materijal čija se izrada i ugradnja u putogradnji zasniva na tim principima, sa dodatnim prednostima iz oblasti ekologije i zaštite životne sredine, korišćenja domaćih resursa, kao i ubrzanja procesa proizvodnje.[1],[4],[6],[7],[8],[9]

Može se primeniti svuda gde se radi o velikim količinama betona, asfalta, kamena ili zemlje i gde prostor za upotrebu valjaka i druge potrebne mehanizacije nije skučen tj. gde njihovo direktno i posledično dejstvo dolazi do punog izražaja.Pored brana i kolovoznih konstrukcija u tu vrstu objekata spadaju i potporni zidovi, parking prostori, fundamenti sa širokim iskopom, temeljni blokovi, jastuci, ali takođe i vojni objekti, avionske piste, luke, terminali, skladišni prostori, pretovarne rampe, platforme, platoi, industrijski podovi i slični objekti.

Iako su se prvi kompilativni radovi iz oblasti hidrotehnike na prostoru nekadašnje Jugoslavije [15], pojavili dosta rano 1983., otprilike kad i publikovana iskustva u svetu, u Srbiji iz iste oblasti 20 godina kasnije [16], [18], [13], [19], a nedugo zatim i iz oblasti putogradnje [17], još uvek razvoj primene ovog materijala i njegove tehnologije u domaćoj praksi ne odgovaraju potrebama vremena i praćenju svetskih tokova. Tim više što je porast cene nafte na svetskoj pijaci ponovo doveo do većeg interesovanja za ovaj materijal i njegovu tehnologiju i još većeg angažovanja američkih, australijskih i drugih eksperata na projektima širom sveta[2].

2. DEFINICIJA I KRATAK ISTORIJAT VALJKOM ZBIJENOG BETONA

2.1. Definicija

Američki institut za beton [1] definiše valjkom zbijeni beton (roller-compacted concrete-RCC, béton compacté au rouleau-BCR, hormigón compactado-HCR, concretos compactados-CCR tj. concreto compactado con rodillo –CCR i sl.) vrlo jednostavno, kao *beton kompaktovan tj. zbijen valjcima za zbijanje*. Drugim rečima, radi se o betonu koji se u svom neočvrslom stanju posle plasiranja (tj. istovara i razastiranja) ugradjuje valjanjem i to iskljucivo putem valjaka za zbijanje sve dok ne postane dovoljno kompaktan. U samom procesu valjanja se, kao i kod asfalta za puteve, mahom koriste vibracioni valjci.
Iako termin "zbijanje valjkom" (roller compaction) po ACI definiciji i dr. (v. npr. [2]), podrazumeva proces zbijanja betona korišćenjem valjaka, u svetu se za opis tehnologije ugradnje tog betona koristi i preuzeti tj. stariji pojam "earthfill", a ponegde i "rockfill" (koji se izvorno koriste npr. kod kombinovano nasutih puteva i brana), zajedno sa još sijaset sličnih i novoizvedenih pojmova - pri čemu se onda pojam "roller-compacted concrete" više odnosi na vrstu betona, a manje na postupak njegove ugradnje. Nekadašnji nazivi "rollcrete" i

[1] e-mail; mirkopetrovic7@yahoo.com
[2] Tako naprimer, dobro poznata američka firma Cemex podržana od strane američke administracije, ASTM, Controls-Group i Američke agencije za autoputeve je 2010. počela sa promocijom korišćenja ovog materijala i njegove tehnologije u Velikoj Britaniji, na Filipinima, u Francuskoj, Španiji, Poljskoj, Letoniji i Hrvatskoj.

"rolled concrete" (uvaljani beton), kojima navodno više odgovara nemački „walzbeton“, u svetskoj praksi, pogotovu američkog govornog područja, već poduže nisu u zvaničnoj upotrebi.

Treba napomenuti da pojam “valjani beton” koji se greškom još uvek u domaćim stručnim krugovima pominje niko u svetu RCC-a ne koristi. Ako se već teži pojednostavljenju naziva onda se čini znatno manja greška ukoliko se koristi stariji pojam “uvaljani beton” [15] – bez obzira što suština stvari nije u valjanju kao radnji, već u zbijanju koje se postiže valjanjem. Stoga je stručno i terminološki puno ispravnije koristiti opštiji pojam "zbijeni beton"(compacted concrete, béton compacté, hormigón compactado, concretos compactados i sl.), a moguće jezički kombinovano rešenje je RC-beton ili jednostavno RCC, iako, kao što to često biva u praksi, stručna terminologija ne mora uvek da odnese prevlast nad laičkom i jednom stečenim navikama.

2.2. Kratak istorijat

RCC materijal i njegova tehnologija su zapravo prvobitno nastali i počeli da se primenjuju na različitim mestima u svetu iz nužde ali i domišljatosti u sklopu poboljšanja postupaka stabilizacije tla u putogradnji, kao i ekonomične zamene pojedinih klasičnih materijala u otežanim uslovima njihovog dopremanja, a nedugo zatim i zbog potreba brze intervencije i prilagođavanja novoiskrslim ratnim okolnostima**.**

Znatno kasnije iskorišćeni su kao osnovni materijal i tehnologija za izgradnju prve RCC brane u svetu, a sredinom 70-ih za izgradnju suvih, dovoljno čvrstih i izdržljivih površina na slabom tlu. Već početkom 80-ih RC-beton je postao prepoznatljiv građevinski materijal sa nizom prednosti u odnosu na klasične betone i njihove izrade. Uporedo sa tim pokazao se i značajno ekonomičnijim – ne samo u odnosu na beton, već često i u odnosu na kombinovane materijale dobijene od lomljenog kamena ili/i zemlje.

Zato nije čudno što su te mogućnosti valjkom zbijenog betona da tehnički vrlo efikasno, a potom i ekonomično zameni klasični masivni beton, kamen, zemlju i sličan građevinski materijal, a istovremeno i da osavremeni, pa čak i da eliminiše uobičajene metode rada, za četvrt veka dovele do njegovog uspešnog iskorišćenja kao osnovnog materijala za izgradnju i rehabilitaciju par hiljada prostranih objekata u niskogradnji, izgradnju oko 350 visokih brana, kao i za sanaciji ili rekonstrukciji stotinak postojećih[3].

Medjutim, navedena opšta hronologija, koja se i kao takva retko gde u literaturi nalazi, ipak ne otkriva svu istinu o nastanku RCC betona i njegovoj tehnologiji. Šire posmatrano, njegova principijelna ideja i "earthfull" metoda, koja zapravo potiče iz plodnih ravnica drevnih *Sumera* i njihovih zigurata, je možda nesvesno odnegovana i usavršavana u antičkim vremenima pre, a pogotovu posle otkrića betona. Sasvim sigurno da i dovitljivosti mnogih neimara širom sveta mogu dati drugojačiju sliku o istoriji valjkom zbijenog betona. Tako naprimer, »sparbeton« koji je 30-ih godina Jovanča P. Đokić [16], a možda i Stanojlo Bader, u Vardarskoj banovini na delovima puteva i stazama (Železnička kolonija u Skoplju, Trgovačka komora i sl.) maljevima i valjkom nabijao,a potom zalevao, ne predstavlja ništa drugo do varijantu pravog-pravcatog »valjkom zbijenog betona« tj., varijantu onog istog postupka koji je kasnije, 40-ih godina korišćen u Australiji i SAD-u na putevima i vojnoj pisti Yakima, potom znatno kasnije 60-ih na brani Alpe Gera u Italiji ili još kasnije u Kanadi na skladišnim prostorima (Tabela 1.)

Pa čak i iznenađujuće više! Znalački vrlo dobro osmišljena USBR-receptura spremanja RCC-mešavine velike Upper Stillwater brane u SAD-u iz 1987.godine i sačuvana receptura *Vitruviusa*-čuvenog rimskog graditelja iz 20-ih godina pre naše ere,

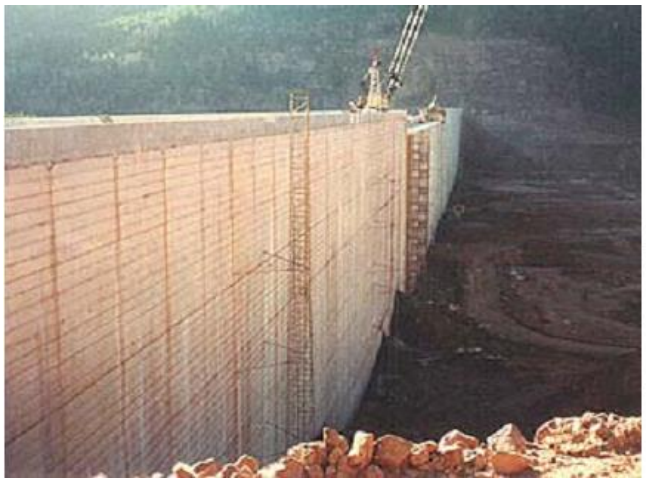
- sa 40% portland cementa (sa istom komponentom kalcijum hidroksida prilikom procesa hidratacije - kao i kod dela vlažnog kreča antičkog betona),
- sa 60% letećeg pepela (sa istim amorfnim silicijumom - kao i kod vulkanskog pucolana antičkog betona),
- sa malo vode (za dobijanje rastresitog betona, transportovanog damperima, razastrtog planerima u slojevima i zbijenog velikim vibracionim valjcima - kao i kod skoro suve mešavine antičkog betona nošene u pletenim kotaricama, razastrte u slojevima i izlupane specijalnim alatkama korišćenim za izradu zidova cisterni za vodu)
- i normalno, održavanog vlažnim (putem uređaja za raspršivanje vode bez stvaranja lokvi i pokrivanjem - kao i kod antičkog betona pokrivanog i prskanog vodom),

ukazuje, na dvomilenijumsku skrivenu starost i samog RC-betona ([16],[17])

[3] Danas najprostraniji RCC objekat u svetu je GM-ov kompleks Saturn Plant u SAD-u sa površinom od oko 3.500.000m^2, najviši Diamer-Bhasha Dam u Pakistanu sa visinom od 272m (u izgradnjii), a najveći Ta Sang u Burmi (u izgradnji) sa projektovanih $8.0x10^6m^3$ betona.

Tabela 1. *Osnovni hronološki podaci o RCC tehnici i materijalu –izvod ([16], [17])*

p.n.e.	Zigurati drevnih Sumera, Akađana i Vavilonaca		"Eartfill" postupak gradnje korišćeni materijal: opeka+zemlja	
20 p.n.e.	Rimske građevine – antički beton		Suva AC mešavina zbijana u slojevima rcc	
	NISKOGRADNJA		**HIDROGRADNJA**	
1927	"Sparbeton" zbijan maljevima i valjkom (Vardarska banovina,Izgradnja)	rcc+ RCC		
<1940	Earthfill postupak (Australija, Saobraćajnice, Izgradnja)	RCC		
1942	Rockfill postupak (USA, Vojna pista Yakima, Izgradnja)	RCC		
1965			Brana Alpe Gera ,Italija, 174m, Izgradnja,Klasični rcc_1 postupak	RCC
1974/ 1975	Probna sekcija Vicksburg, MS 120m^2	RCC	Brana Tarbela, Pakistan, 143m, Sanacija, Klasični rcc_1 postupak	CC+ RCC
1976	Skladišni platoi u Caycuse-u (Kanada,Izgradnja, K-rcc_1)	RCC^P		
1980	Parking prostori, USA, Izgradnja	RCC^P	Brana Erl Creek,SAD, Izgradnja, Klasični varijantni postupak-$Krcc_1$	CC+RCC
			Brana Ocoee, SAD, 9.0m, Rekonstr.	RCC
			Brana Shimajigawa,Japan,89.0m Izgradnja-	Krcc2, RCD
1980 1982			Brana Willow Creek, SAD,49m, Izgradnja	RCC
1984	Putevi, terminali, fundamenti, parkirališta,Test +Izgr.,USA	RCC^P	Brana Carrol E.Eston, SAD, Izgradnja	RCC
			Prevodnica New Cumberland,SAD, Izgradnja	RCC
			Prelivni prag Chena Project, SAD, Izgradnja	RCC
1975- 1985	200.000m^2, SAD Austin, Ft.Hood, Col. Springs, Houston, Tacoma, St.Lewis.....	RCC^P	Brana Kerrville Ponding, SAD,Rekonstrukcija	RCC





Slika 1. *USBR je usavršio metod proizvodnje RC-betona i primenio ga 1987. u izgradnji Upper Stillwater brane. Rimljani su koristili istovetnu tehniku pre više od 2000 godina ([16], [17])*

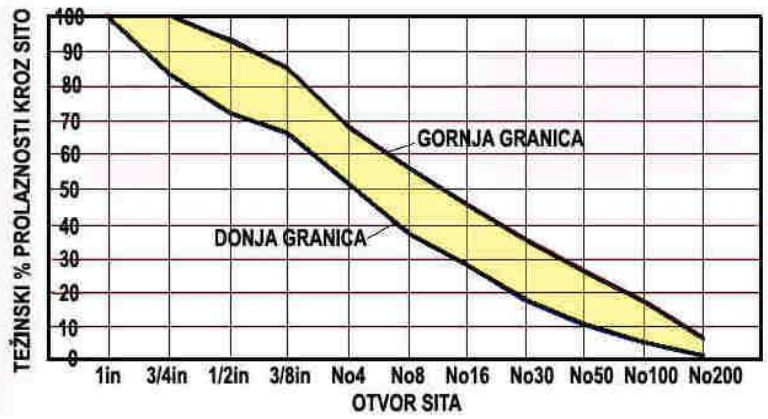
3. SASTAV, NAČIN SPREMANJA, UGRADNJA I KARAKTERISTIKE

3.1. Sastav

RC-beton u principu predstavlja jednu relativno čvrstu, rastresitu i polusuvu betonsku mešavinu, približno "vlažnu ili slabo vlažnu kao zemlja", niskog, ali ipak zahtevane stepena obradljivosti i otpornu na samosleganje tj. "zero slump" ili "no slump" (Slika 2. i 3.)[4]. Dobija se mešanjem grubog i sitnog agregata (lokalni drobljeni ili prirodni rečni i brdski agregat, reciklirani beton i sl.), cementa, pucolana-letećeg pepela, vode, a ponekad, kao i kod klasičnog betona, i raznih punioca, aeranata, usporivača, ubrzivača, rashladnih supstanci, plastifikatora, dodataka za smanjenje vode i sl.



Slika 2. *Izgled tiične RCC mešavine za izgradnju kolovoza ([27])*



Slika 3. *Preporučena granulometrijska kriva za RCC mešavine kolovoznih konstrukcija ([17], [3])*

3.2. Spremanje

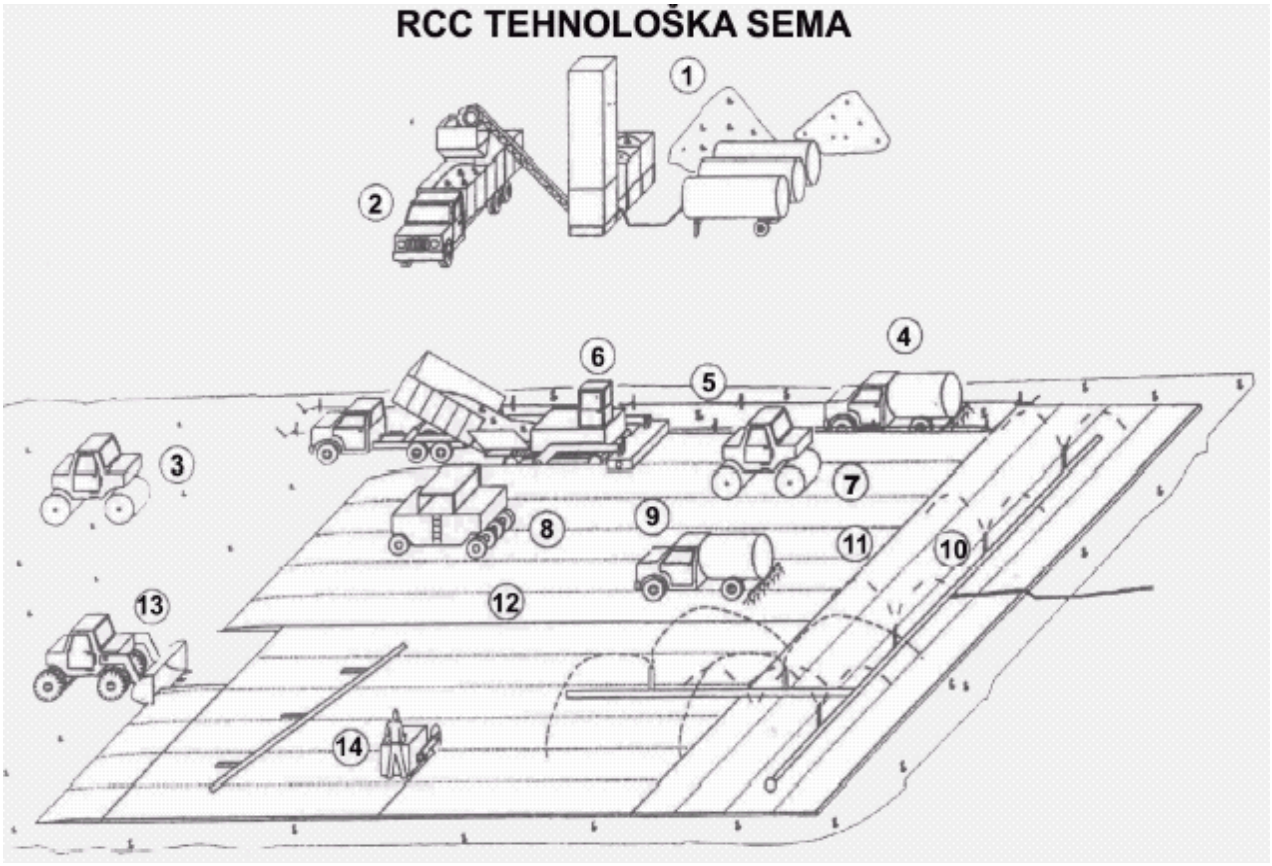
Zbog nedovoljne vlažnosti neophodne za efikasno umešavanje u klasičnim mikserima RCC mešavina se, za razliku od konvencionalnog betona, sprema na gradilištu uobičajeno u pokretnoj fabrici betona sa kontinualnim sistemom rada, čime se postiže stalnost i kontinualnost plasiranja gotovog proizvoda, a time i visoka produktivnost rada.

Dalji rad na plasiranju, razasiranju i zbijanju RCC mešavine se odvija, sa određenim specifičnostima, korišćenjem u principu istih onih mašina i opreme kao i kod asfaltnih kolovoza (Slika 4. i 5.).

[4] Na gradilištima u Americi to praktično znači da slobodna kupa formirana i izručena okretanjem propisanog levka za 180^0 oko vertikalne ose zadržava svoju visinu



Slika 4. *Izgled pokretna fabrika RCC-materijala sa kontinualnim sistemom rada*



Slika 5. *Tipičan izgled i redosled operacija na RCC gradilištu u niskogradnji iz ranih 90-ih ([17], [10])*

3.3. Transport

Zbog same konzistencije sveže betonske mešavine njeno transportovanje do mesta ugradnje se obavlja, u zavisnosti od konkretnog slučaja, damperima, čeonim utovarivačima, trakastim transporterima i sl., umesto mikserima i kranovima sa kiblama.

3.4. Razastiranje

Dopremljena mešavina se razastire u slojevima debljine od 20 do 30cm na prethodno pripremljenu tj., cvrstu, ravnu, zbijenu i navlaženu površinu sa određenim specifičnostima diktirane vrstom objekta. Razastiranje betonske mešavine za izgradnju kolovoznih konstrukcija se vrši u trakama putem korišćenja planera, grejdera i sličnih klasičnih mašina za razastiranje u putogradnji (Slika 5., 6. i 7.).



Slika 6. *Izrada, utovar, pretovar i razastiranje RCC mešavine u niskogradnji ([26])*

3.5. Zbijanje

Razastrti slojevi do 30cm debljine, ili 4-6 slojeva ukupne debljine do 60cm[5], se zbijaju, obično 10-tonskim čeličnim valjcima sa kombinovanim korišćenjem vibracija i postizavanjem zbijenosti koja može ići i do 95%-100%.

Međutim, u zavisnosti od tipa i namene konstrukcije, sastava mešavine i sl. mogu se koristiti i znatno moćnije mašine koje se ne retko izrađuju specijalno za jedan unapred planirani i dovoljno veliki posao. Tako naprimer, iako su u Kanadi i SAD-u uobičajene debljine slojeva RCC mešavine za izgradu kolovoza do 25cm[6] sa širinom od 13.0m prilikom izrade RCC radnih platformi i platoa (25.000m^2) krajem 95-e u Quebec-u za potrebe jednog od najvećih svetskih proizvođača bakra, su korišćeni 18-tonski vibro valjci u paru za zbijanje slojeva debljine 38-53mm (15-21inča).



[5] Kod brana čak i 3 do 4m u slučaju kose slojevite izgradnje ([11], [12])
[6] Ukoliko su projektovane debljine veće od 25cm onda se rade u više slojeva

Slika 7. *Detalj u radu na razastiranju ([26]) i zbijanju betonske mešavine*

3.6. **Dinamički plan.**

Tipičan dinamički plan kontinualne ugradnje masivnog RCC betona u Americi se sastoji od po 10-očasovnog dvosmenskog rada[7], 6 do 7 dana nedeljno sa do 45 min ukupnog rada po sloju od trenutka proizvodnje[8]. Takva brzina i kontinualnost rada kod novih objekata omogućava plasiranje i ugradnju velikih količina betonske mešavine, u praksi obično od 4.500 do 9.500 kubika na dan[9].

3.7. **Spojne površine - kritični deo svakog RCC projekta.**

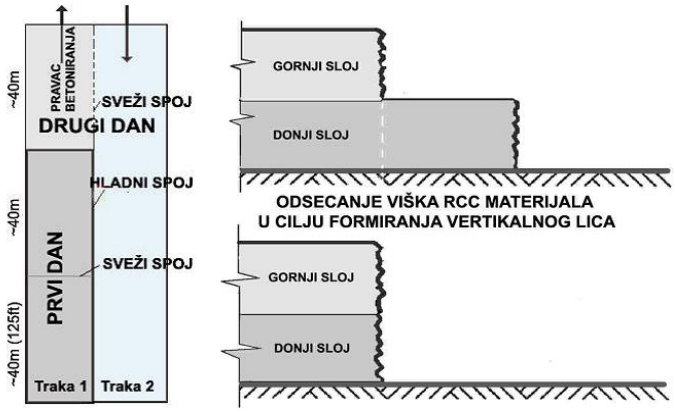
U tehnologiji izrade RCC slojeva svi tehnološki i konstruktivni prekidi u betonskoj masi su smanjeni na najmanju moguću meru. Razlog tome je pojava hlađenja betona na mestima spojeva tj. rezultujuće smanjenje monolitnosti i kompaktnosti konstrukcije.

Sama obrada spojeva kod kolovoznih konstrukcija je klasična sa određenim specifičnostima, i u zavisnosti od toga da li se radi o svežim, hladnim ili horizontalnim spojevima.

Detaljan opis sa grafičkim interpretacijama vrsta i načina obrade svežih spojeva u putogradnji zajedno sa postupcima zbijanja RCC mešavine na spoljašnim i unutrašnjim delovima kolovoznih traka, kao i način obrade hladnih spojeva (Slika 8) zajedno sa postupcima zbijanja unutrašnjih traka su dati u radovima [17] i [24]. Raspored spojeva i način betoniranja probnih deonica puteva sa 2 i 3 kolovozne trake prikazan na slikama 9 i 10. ([17], [23] i [24]).



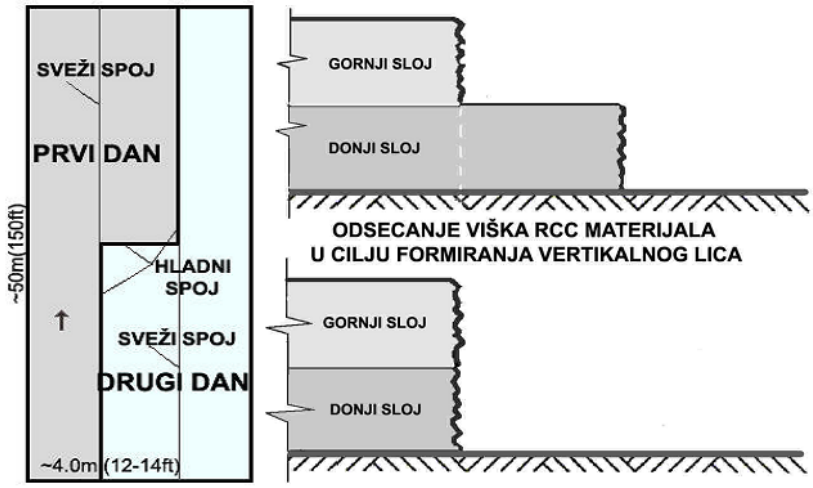
Slika 8. *Spojevi kod kolovoznih konstrukcijai.u SAD-u: Izgled hladnog spoja ([17] [26])*



[7] Ponekad i 24 časova na dan, ili samo u određenom periodu dana – obično noću
[8] U tom slučaju ugradnja po sloju je do 15 minuta pri temperaturi 10-27ºC
[9] Kod brana do 600m3/h

Slika 9. *a) Raspored spojeva na probnoj deonici puta sa dve kolovozne trake iz 95-e ([17][23] [24]); b) Vertikalno poravnjanje horizontalnih slojeva ([17][23] [24])*

U svakom od prikazanih postupaka operacija zbijanja valjkom podrazumeva 2 obavezna prelaza valjkom (2 puta «nazad-napred»). Ukoliko se potrebna zbijenost pri nekom od postupaka ne postigne ili ne odgovora parametrima dobijenih na bazi korišćenja probnih deonica (Slika 9. i 10.) kompletan postupak zbijanja se ponavlja.



Slika 10. *a) Raspored spojeva na probnoj deonici puta sa tri kolovozne trake iz 87-e ([17][23] [24]); b) Vertikalno poravnjanje horizontalnih slojeva ([17][23] [24]);*

Za razliku od drugih RCC konstrukcija gde se za vezu između horizontalnih slojeva koristi cementno mleko i plastični malteri koji u principu imaju funkciju lepka, popune ili omotača kod kolovoznih konstrukcija se mahom koristi samo fina magla.

3.8. Nega betona.

Samo negovanje sloja betona počinje odmah po završetku njegovog zbijanja i vrši se čišćenjem, zaprašivanjem vodom u obliku fine magle sprinkler sistemima, obično pri kraju dana koji održavaju površinu vlažnom obično 7 ili 14 dana, a takođe i odgovarajućim emulzijama, raznim membranama ili bilo kojim drugim podesnim prekrivanjem i zaštitom pri dejstvu niskih temperatura.

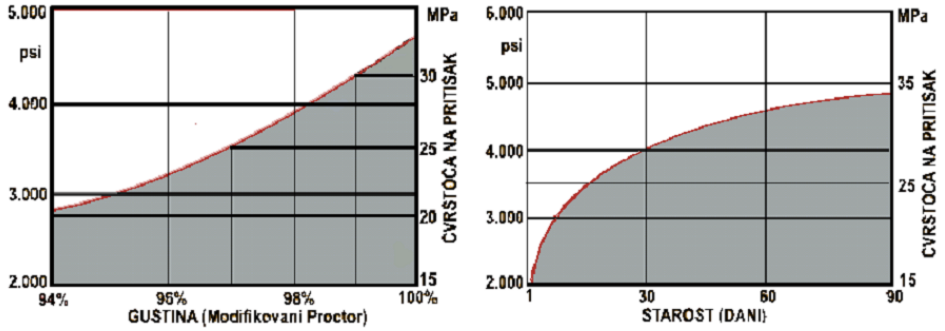
3.9. Čvrstoća

Kao i kod konvencionalnog betona tako i kod valjkom zbijenog betona je moguće, a u zavisnosti od potreba i stanja na terenu, primenom različitih receptura postići potrebna svojstva očvrsle mase. Tako naprimer, za potrebe metalurškog kompleksa u Rouyon-Norandu (Kanada) 1995. je ugrađeno 8.000m^3 RCC sa postignutom čvrstoćom na pritisak od 50MPa/7dana

Prema podacima američkog udruženja za portland cement (PCI) iz 2003. čvrstoća na pritisak RCC-a korišćenog za kolovozne konstrukcije u SAD se kreće u granicama od 28MPa do 69MPa (24.5MPa), a na zatezanje od 3.5 do 6.9MPa (2.8MPa/14dan) [16], pri čemu se podaci u zagradama odnose na korišćene betone sa min160kg cementa/m^3 i čvrstoće na savijanje od 3.5MPa/14dana tj. 4.9MPa/28 dana firme Savko&Sons Inc iz SAD-a..Srednje vrednosti čvrstoće na pritisak u zavisnosti gustine i starosti su prikazane na Slici 11. [18]

Svakako da svi ti parametri umnogome zavise od konkretne vrste, načina spremanja i ugradnje RCC materijala, pri čemu se u praksi koriste najrazličitije projektantske metodologije[10] ali i intuitivno-iskustveni podaci. Iako se dobijeni rezultati kreću u veoma širokim granicama njihove vrednosti za istu ili sličnu količinu cementa ne retko prevazilaze one koji se susreću kod konvencionalnih betona..

[10] Za te stvari se kao pomoć uobičajeno koriste gotovi programski paketi kao što su to u Americi paketi RCC-PAVE Portland Cement Association-a ili PCASE paket U.S. Army Corps of Engineers-a



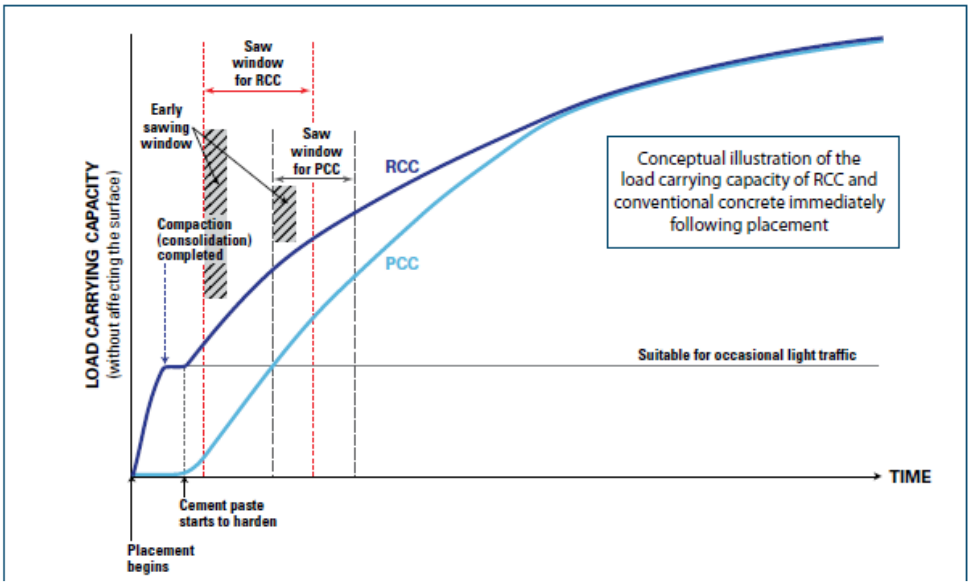
Slika 11. *Čvrstoće na pritisak RC betona u zavisnosti od gustine i starosti ([17])*

Tako naprimer, skorašnja ispitivanja koja su rađena u Australiji sa savremenim RC-mešavinama spremljenim u mobilnim Aran-fabrikama betona sa kontinualnim radom sa 300kg/m3 do ispod 100kg/m3 cementa, vode 104l/m3, peska 849kg/m3 i agregata 1222kg/m3 krupnoće zrna 5-14mm, pri čemu je RCC zbijan 18-tonskim vibro valjkom u slojevima od 200mm su pokazala prednost RCC po svim parametrima u odnosu na CC (Tabela 2).

Tabela 2. *Uporedne karakteristike nekih RCC i CC betona u Australiji sa istim sastavom mešavina*

C=300(-<100)kg/m3, W=104l/m3, P=849kg/m3 A=1222kg/m3 (5-14mm) d=200mm, Q=18t	Jed.	RCC	CC	3 dana		7 dana		28 dana	
				RCC	CC	RCC	CC	RCC	CC
Gustina	kg/m3	2476	2327						
Jačina na pritisak	MPa					44.9	30.4	66.0	44.9
Jačina na zatezanje	MPa			5.6	5.0	8.3	5.5		
Apsorcija	%			2.4	5.1				
Poroznost	%			6	11.2				

Prikazani rezultati ne odudaraju od principijelne šeme porasta čvrstoće RC-betona koji se koriste za savremene kolovozne konstrukcije u SAD-u prema USACE - procedurama u odnosu na CC betone (Slika 12).



Slika 12. *Principijelni rast čvrstoća RCC i CC betona u SAD-u sa istim sastavom mešavina*

Srednje vrednosti za različite gustine i starosti ranijih RC-betona korišćenih za različite konstrukcije u niskogradnji, a prema podacima za period od 1984 do 1989. U.S. Army Corps of Engineers-a [10], su prikazane u Tabeli 2 [17].

Tabela 2. *RC betoni upotrebljeni za izgradnju nekih od objekata niskogradnje u SAD-u do 1989.([17])*

Naziv objekta i njegova lokacija	God.	SASTAV BETONSKE MEŠAVINE						Čvrstoća na savijanje (28 dana)	Površina Debljina sloja
		Agregat $Ø_{max}$		Cement Tip	Leteći pepeo Klasa	Voda	W/(C+F) (težin.)		
		Grubi	Sitni						
		kg/m^3	kg/m^3	kg/m^3	kg/m^3	kg/m^3		MPa	m^2 tj. cm
Putevi,brod. terminali Austin,TX	1984 1985 1987	Ø19 955	No4 955	I 154	C 154	108	0.35	3.9	99.800 18-25
Sklad. robe Ft.Campbell KY	1987	Ø19 1059	No4 869	I 237	F 126	122	0.34	5.3	79.000 19
Postolja rezervoara Ft.Drum NY	1988 1989	Ø19 1376	NYD OT 1B 586	I 267	F 89	125	0.35	58	351.000 25
Postolja rezervoara, Ft.Hood,TX	1984 Mix1	Ø38 1349	No 4 814	I 185	C 92	94	0.34	5.8	16.720 25
	1987 Mix2	Ø19 1284	No 4 810	I 223	C 110	77	0.23	5.8	53.420 20
	1988	Ø22 1190	- -	I 174	F 110	104	0.40	5.6	15.550 19
Korita za pranje Ft.Hood,TX	1989	Ø22 1190	No 4 990	I 174	F 87	104	0.40	5.6	16.720 19
Tenkovske staze Ft.Hood,TX	1989	Ø22 1190	No 4 990	I 174	F 87	104	0.40	5.6	4347 19
Probna pista Plant Spring Hill TN[13]	1988 1989	Ø19 1121	No 4 919	I 237	F 89	114	0.35	4.2	543.000 15-20-25

3.10. Razlika između RCC i CC

Suštinska razlika između valjkom zbijenog betona i konvencionalnog masivnog betona je pre svega u *konzistenciji mešavine* sa manje vode i cementa, iako uobičajeno sa više peska, a skoro sve ostale razlike i inovativni postupci se mahom mogu smatrati kao uzročno-posledične veze diktirane i omogućene tim razlikama, kao što je npr. najznačajnija - metoda konsolidacije sa upotrebom mašina za planiranje i vibro-valjaka za zbijanje umesto pervibratora sa rezultujućom kompaktnošću i monolitnošću očvrslog betona, kao i smanjena pojava prslina, smanjeno skupljanje, povećanje otpornosti na dinamička i erodivna dejstva, ali takođe i automatizacija procesa, veća produktivnost rada, veća brzina i manje jedinične cene tj. manji troškovi izrade i ugradnje RCC mešavine, smanjeni administrativni troškovi i sl.

4. USLOVI I OBJEKTI U PUTOGRADNJI ZA EFIKASNU PRIMENU VALJKOM ZBIJENOG BETONA

Kao što je spomenuto najefikasnija tehnička primena RC-betona je kod svih projekata čije izvodjenje je sa širokim frontom dejstva, sa velikim površinama za plasiranje betonske mešavine, kod projekata masivnih betone bez diskontinuiteta, sa malo ili nimalo armature - odnosno svuda tamo gde se radi o projektovanim velikim količinama betona, asfalta, kamena ili zemlje i gde prostor za upotrebu valjaka i druge potrebne mehanizacije nije skučen tj. gde njihovo direktno i posledicno dejstvo dolazi do punog izražaja. U putogradnji pored kolovoznih konstrukcija tu spadaju potporni zidovi, parking prostori, otvoreni fundamenti sa širokim iskopom, temeljni blokovi, veliki jastuci, ali takođe i vojni objekti, avionske piste, luke, terminali, skladišni prostori, pretovarne rampe, platforme, platoi, industrijski podovi i sl.

Svakako da su to samo potrebni uslovi. Dovoljni uslovi podrazumevaju iznad svega odgovarajuću stručnu, ekonomsku i sličnu podršku. U sklopu njih se nalaze i danas neizostavni uslovi iz oblasti biznisa i transakcija ([20],[21]).

5. UMESTO ZAKLJUČKA

Valjkom zbijeni beton u mnogim slučajevima iz oblasti putogradnje može organizaciono i tehnički vrlo efikasno, a iznad svega i ekonomično eliminisati danas uobicajeni metod rada i zameniti klasični beton, kamen, asfalt, zemlju i sličan građevinski materijal - i to utoliko više ukoliko su ti materijali u predmetnoj konstrukciji više i zastupljeni. Posebno ukoliko se radi o kombinaciji RCC-a sa klasičnim materijalima ili "spregnutim" kolovoznim konstrukcijama sa zaštitnom emulzijom i tankim završnim slojevima od asfalta.

Istovremeno, RCC-tehnologija rada i sistem gradnje sa dodatnom mogućnošću korišćenja nekih otpadnih materija, kao što su to naprimer otpadni gips [28], izgoretine pirita, metalurška šljaka, leteći pepeo i sl., nudi i najefikasnija rešenja ekološkog problema koje stvaraju pojedine deponije bez dodatnih ulaganja. Istovremeno ta ista tehnologija rada u putogradnji ne retko daje betone poboljšanih karakteristika u odnosu na konvencionalne betone.

Međutim, kao što je spomenuto, sve te prednosti koje se nude zahtevaju, pored adekvatnog stručnog znanja i iskustva, dobre pripreme i visok stepen raspoložive tehnike, od kojih ni jedno nema razumevanja za nepreciznost, aljkavost i improvizacije sa zastarelim mašinama.To posebno važi za oblast brana gde je još uvek RCC sistem gradnje u svetu savremenog građevinarstva, po rečima Brian Forbes-a, jednog velikog autoriteta iz te oblasti, "sa najvećim brojem praktičnih inovacija po objektu", tako da one uobičajeno "predstavljaju posebne stavke pri sklapanju ugovora" [11]

U skladu sa tim su i reči Martin Ashfield-a, tehničkog direktora britanskog Cemex-a i vrsnog stručnjaka iz oblasti primene RC-betona u putogradnji da je kod RCC-a od presudnog značaja to koliko precizno se mogu kontrolisati parametri koje treba kontrolisati. Drugim rečima, društvo mora biti dovoljno razvijeno i bogato kako bi upotrebom tog sistema gradnje što više uštedelo. U suprotnom je prinuđeno da koristi skuplje materijale sa kojima se lakše barata i na taj način daje prednost tuđoj zaradi i sopstvenom gubitku odnosno, nacionalno skupljem biznisu umesto jevtinoj domaćoj struci i pameti.

Shodno tome s pravom se može zaključiti da svaki domaći projekat iz oblasti biznisa i struke u putogradnji, koji sadrži velike količine betona, asfalta, kamena ili zemlje i u kome uobičajeno prostor za upotrebu mehanizacije nije skučen, ne odiše potrebnom savremenošću i stručnošću ukoliko ne sadrzi i analizu mogućnosti primene valjkom zbijenog betona i njegove tehnologije.

Literatura

[1] American Concrete Institute (2000), *ACI Manual of Concrete Practice, ACI 116R, ACI 207.1R, ACI 207.5R,* American Concrete Institute, Detroit, MI

[2] Boyge, B., Jensen, A., (1989) La Fissuration des Barrages en Béton Compacté au Rouleau. Exemple du Barrage des Olivettes, *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées N° 162.* Paris.

[3] CRD-C 161-92 (1998) *Standard Practice for Selecting Proportions for Roller-Compacted Concrete (RCC) - Pavement Mixtures Using Soil Compaction Concepts*

[11] Brian Forbes, GHD Pty. Ltd, GPO Box 668, Brisbane Q4001, Australia; (617) 3316 3601; E-mail: bforbes@ghd.com.au

[4] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (2000), *EM 1110-2-2006, Engineering and Design – Rolled Compacted Concrete*, Washington, DC.
[5] Dept. of the Army and the Air Force (1987), *Army TN 5-822-7, Air Force AFM 88-6, Chap.8, Standard Practice for Concrete Pavements,*
[6] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (1993), *ETL 1110-2-343, Structural Design Using the Roller-Compacted Concrete (RCC) Construction Process,* Washington, DC
[7] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (1988), *ETL 1110-1-141, Engineering and Design - Thickness Design of Roller-Compacted Concrete Pavements for Airfields, Roads, Streets, and Parking Areas*, Washington, DC.
[8] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (1992), *TM 5-822-5, Pavement Design for Roads, Streets, Walks, and Open Storage Areas*, Washington, DC.
[9] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (1997), *EM 1110-1-2009, Engineering and Design - Architectural Concrete*, Washington, DC.
[10] Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (1995) *ETL 1110-3-475, Engineering and Design – Roller Compacted Concrete Pavement Design and Construction*, , Washington, DC.
[11] Forbes, B. A., (2003) The RCC Sloped Layer Construction Method, *HRW Magazine*, *July 2003.* (u skladu sa beleškama od 19. februara 2003.), v. takođe:
[12] Forbes, B. A., (2000), Solving some long standing RCC concerns, *Document number: 28661 Job Number: 411\009012\60*,
[13] Kuzmanović, B., Savić, Lj., Milovanović, B., (2003) Primena valjanog betona u izgradnji brana I deo – istorijski razvoj, *Vodoprivreda br. 203-204*, Beograd,
[14] Krishna Rao, S., Sarika, P., Sravana, P., ChandraSekhara Rao, T., (2014), Evaluation of properties of Roller compacted concrete pavement (RCCP), *Int. Journal of Educ. and Appl. Research, Vol. 4, Isssue Spl-2, Jan-June 2014*
[15] Nonveiller, E., (1983) Uvaljani beton za hidrotehničke građevine, *Građevinar,* broj 35, Zagreb
[16] Petković, M., (2003) Upotreba valjkom zbijenog betona kod brana i hidrotehničkih konstrukcija, *Zbornik radova sa II Kongresa Jugoslovenskog komiteta o visokim branama YUCOLD 2003,* 7-10 oktobar, Kladovo, takođe: prezentacija i diskusija autora od 08.10.2003. o istorijskom razvoju RCC-a i doprinosu srpskih neimara Jovanče P. Đokića i Đorđa Lazarevića
[17] Petković, M., (2005) Primena valjkom zbijenog betona u savremenoj izgradnji brana i puteva, *Proc. of Int. Scientific Conference on Planning, Design, Construction and Building Renewal INDiS 2005*, Novi Sad
[18] Petković, M., (2003) Curenje brana od valjkom zbijenog betona: Stanje stvari sa predlogom promena - Rad posvećen sećanju na Đ.Lazarevića i J.Đokića, *Vodoprivreda, br. 205-206,* Beograd,
[19] Petković, M., (2003) Upotreba geomembrana kod problema curenja RCC brana: Pregled stanja, *Zbornik radova sa II Kongresa Jugoslovenskog komiteta o visokim branama YUCOLD 2003,* Kladovo
[20] Petković, M., (2014) Prilog savremenom srpskom neimarstvu i graditeljstvu – kroz beleške i slike, rad posvećen sećanju na Milutina Milankovića, *Međunarodna konferencija - Savremena dostignuća u građevinarstvu,* Subotica (u štampi)
[21] Petković, M., (2014) Prilog odnosu struke i biznisa u savremenoj građevinarskoj praksi, Rad posvećen sećanju na Danila Raškovića, *Proc. of International Conference "Civil engineering – Science and Practice", GNP 2014,* Žabljak
[22] Petković, M., (2006) SMA koncept–sinonim za prvorazredne puteve, *Proc. of International Conference "Civil engineering – Science and Practice", GNP 2006,* Žabljak
[23] Petković, M., (2004) *Savremeni asfaltni kolovozi - Deo III, Skeletni mastik asfalt i celulozna vlakna, MP-03-NiDirGr,* Direkcija za izgradnju, Niš.
[24] Petković, M., (2004) Savremeni asfaltni kolovozi – Deo II, Valjkom zbijeni beton kao noseća konstrukcija (*neobjavljeno*).
[25] Portland Cement Association (1987), *Structural Design of Roller-Compacted Concrete for Industrial Pavements,* takođe: http://www.portcement.org/rcc/rcc2.asp PCA • 5420 Old Orchard Road • Skokie, Illinois 60077, voice: 847.966.6200 • fax: 847.966.8389 • info@cement.org
[26] Singel, M, W., (2003) What is Roller Compacted Concrete?, *Roller Compacted Concrete Pavements,* PCA Web site http://www.cement.org.
[27] Thomson, R. R., (2002) *Roller Compacted Concrete Pavements* – Power Point Presentation, Savko & Sons, Inc.,
[28] University of Mayami (1988) *Publication No. 01-068-072, A demonstration project: Roller compacted concrete utilizing phosphogypsum,* Florida Institute of phosphate research.

REHABILITACIJA AUTOPUTA E-75, DEONICA: PROLAZ KROZ BEOGRAD

Ivan Andrić[1],
VIA Projekt, andric2i@yahoo.com

Dragan Stojnić[2]
Institut za puteve a.d., kolkon@eunet.rs

Rezime: *Autoput E-75, koji delom prolazi kroz Srbiju, spada u značajnije Evropske putne pravce. Svrstava se u trans Evropski magistralni pravac koji povezuje krajnji sever sa jugom Evropskog kontinenta.U Srbiji autoput E-75 povezuje najveće gradske centre i ima značajnu ulogu u privrednom razvoju Srbije. Na delu prolaska kroz Beograd, saobraćajno optrećenje dostiže svoj maksimum, što je rezultiralo pojavom oštećenja površine kolovoznog zastora viskog intenziteta. U cilju dobijanja jasnije slike o funkcionalnom i strukturnom kapacitetu u odnosu na očekivano saobraćajno opterećenje, izvršeno je ispitivanje da bi se utvrdilo stanje i predložilo rešenje rehabilitacije kolovozne konstrukcije na delu autoputa E-75, prolaz kroz Beograd. Ovaj rad je napisan sa ciljem da se stručna javnost upozna sa primenjenim tehničkim merama rehabilitacije u cilju podizanja kvaliteta usluga korisnika.*

Ključne reči: *autoput E-75, rehabilitacija, kolovozna konstrukcija, oštećenost zastora*

1. UVOD

U ovom radu je prikazana rehabilitacija postojeće kolovozne konstrukcije na Autoputu E-75, deonica: Petlja Aerodrom - Bubanj Potok za naredni eksploatacioni period od 10 godina. Prilkom izrade projektne dokumentacije, deonica je podeljena na Sektor 1 (Petlja Aerodrom - Most Gazela) i Sektor 2 (Most Gazela - Bubanj Potok). Dužina Sektora 1 je 14.736 km (km. 564+582 - km. 579+318) kad su u pitanju desne kolovozne trake, a 11.118 km (km. 568+200 - km. 579+318) kad su u pitanju leve kolovozne trake. Na levoj strani je od km. 564+000 do km. 568+200 izvršena je rehabilitacija 2004 godine pa se zadržava postojeće stanje. Dužina Sektora 2 je 13.640 km (km. 581+100 - km. 594+740) kad su u pitanju desne kolovozne trake, a 13.300 km (od km. 581+100 - km. 594+400) kad su u pitanju leve kolovozne trake.

2. POSTOJEĆE STANJE

Analizirani su oštećenost površine kolovoza, kao i nosivost kolovoza, tako što je vršeno merenje defleksija. Pored toga, vršeni su terenski radovi i aktivnosti u laboratoriji u cilju odeđivanja kvaliteta materijala ugrađenih u postojeću kolovoznu konstrukciju.

2.1. Ocena stanja kolovoza na osnovu oštećenosti

Podaci o oštećenosti kolovoza, prikupljeni su detaljnim vizuelnim pregledom uz odmeravanja i stacioniranje, januara 2010 godine, u skladu sa PAVER metodologijom (vrsta habajućeg sloja; tip, intezitet i količina oštećenja). Dominantna oštećena bila su grupisana na poteze od 100m` za svaku traku posebno. Oštećenja površine kolovoza obuhvaćena ovom analizom su reflektovane poprečne pukotine, mrežaste-blok pukotine i kolotrazi, dok je na sektoru 2, uočena i denivelacija betonskih ploča.

Reflektovane poprečne pukotine na pravilnim razmacima (20-25 m) su se javljale kontinualno duž cele deonice,što jasno ukazuje na postojanje cementom vezanog sloja. Naročito su bile izražene na potezu od km 576+000 do km 579+400, gde je na mestu reflektovanih pukotina prisutno i linijsko izdizanje površine. Blok pukotine su bile zastupljene kontinualno duž dele deonice. Kolotrazi su bili prisutni kontinualno duž voznih traka u oba traga točka, kao i na preticajoj traci na potezu od km 575+800 do km 579+400 (potez od Tošinog Bunara do Gazele). Cement betonske ploče su bile prisutne na traci za spora vozila na potezu km 588+257 do km 592+050. Dominantno oštećenje cement betonskog kolovoza je bilo denivelacija ploča na spojnicama, kao i denivelacija na spoju asfaltnog i betoskog kolovoza. Pored navedenih oštećenja prisutan je bio i lom ploče na više segmenata – oštećenje prisutno na 57 ploča, kao i pukotine u uglu ploče – oštećenje prisutno na 35 ploča.

[1] dipl. inž. građ. projektant, VIA Projekt, Beograd, andric2i@yahoo.com
[2] dipl. inž. građ. projektant, Institut za puteve a.d., Beograd

2.2. Defleksije kolovozne konstrukcije

Defleksije, kao pokazatelji stanja strukture utvrđeni nedestruktivnom metodom, izmerene su teškim deflektometrom sa padajućim teretom (HWD 8081- Dynatest), u februaru, 2010. godine. Izborom tereta i visine pada, nanošena je sila od ~ 100 kN na kružnu ploču prečnika ∅300 mm, koja je bila postavljena na površinu kolovoza. Kontaktno opterećenje je bilo ~ 1420 kPa. Na svakoj mernoj tački na kolovozu, izvršena su 3 udarca. Merenje defleksije pri svakom udarcu je vršeno geofonima postavljenim na sledećim udaljenjima od centra kružne ploče: r=0 mm , 200 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm i 1800 mm. Merenje je vršeno u voznim trakama u desnom tragu točka na svakih 50 m u sredini tri homogena poteza (izdvojeni na osnovu oštećenosti) pri temperaturi vazduha **tvazd= 6-11^{0}C** i temperaturi asfalta **tasf = 8-14^{0}C**.

Na osnovu prikazanih podataka uočeno je da sloj cementne stabilizacije ima dovoljnu krutost i predstavlja noseći sloj kolovozne konstrukcije u smislu sposobnosti prihvatanja napona zatezanja od uticaja saobraćaja. U okviru ispitivanja nosivosti na voznim trakama izvršeno je i merenje prenosa opterećenja na mestu reflektovanih pukotina iz sloja cementne stabilizacije. Mora se napomenuti da je zbog širina reflektovanih pukotina izvršeno merenje prenosa opterećenja sa standardnim rastojanjem geofona, sa pozicioniranjem reflektovane pukotine između 5 i 6 geofona (r= 600 mm i 900 mm). Merenje je vršeno u voznim trakama u osovini na potezu kod Beogradske Arene pri temperaturi vazduha **tvazd= 6-11^{0}C** i temperaturi asfalta **tasf = 8-14^{0}C**. Na osnovu prikazanih podataka uočeno je da u zoni širokih reflektovanih pukotina ima vertikalnog pomeranja segmenata sloja cementne stabilizacije.

2.3. Struktura kolovozne konstrukcije

Korišćeni su arhivski podaci o debljinama izgrađenih slojeva kolovozne konstrukcije i karakteristike materijala preuzeti iz Glavnog projekta rehabilitacije Autoputa E-75, Prolaz kroz Beograd iz 2007. godine. Pored toga, u januaru 2010. godine su izvršeni su kontrolni istražni radovi uzimanjem uzoraka iz asfaltnih slojeva u osovini i u tragu točka vozne, zaustavne trake i preticajne trake u cilju definisanja debljine asfaltnih slojeva kolovozne konstrukcije i vizuelne ocene asfaltnih slojeva kolovozne konstrukcije.

2.4. Utvrđivanje mehaničkih karakteristika sloja od cement stabilizivanog agregata

Radi utvrđivanja mehaničkih karakteristika sloja od cement stabilizovanog agregata dana 24.01.2010. i 25.01.2010. godine vršeno je uklanjanje (struganjem) asfaltnih slojeva u punoj debljini i vizuelni pregled sloja od cement stabilizovanog agregata. Vizuelnim pregledom sloja od cement stabilizovanog agregata utvrđeno je da ovaj sloj ima više nego dovoljnu krutost i predstavlja noseći sloj kolovozne konstrukcije u smislu sposobnosti prihvatanja napona zatezanja od uticaja saobrćaja, što je potvrđeno i laboratorijskim ispitivanjima.

3. EKSPLOATACIONI I LOKALNI USLOVI

Za potrebe projektovanja rešenja sanacije kolovozne konstrukcije, na predmetnoj deonici, analizirani su saobraćajno opterećenje i klimatski uslovi.

3.1. Saobraćajno opterećenje

Radi analize postojećeg stanja kolovozne konstrukcije, kao i za donošenje odluke o rešenju rehabilitacije u planiranom periodu eksploatacije, neophodno je raspolagati odgovarajućim podacima o dostignutim saobraćajnim tokovima i podacima o očekivanim saobraćajnim tokovima u planiranom periodu eksploatacije. U narednoj tebeli prikazano je prosečno godišnje dnevno opterećenje po deonicama PGDS.

Tabela 1. *Prosečno godišnje dnevno opterećenje*

Naziv Deonice	Ukupan broj vozila
za Dobanovce – aerodrom Nikola Tesla	22180
aerodrom Nikola Tesla – BGD (Novi Sad)	47890
BGD (Novi Sad) – BGD (Tošin Bunar)	108220
BGD (Tošin Bunar) – BGD (petlja Mostar)	150136
BGD (petlja Mostar) – BGD (Autokomanda)	124070
BGD (Autokomanda) – Bubanj Potok	62520

Merodavno saobraćajno opterećenje (ESO) za projektovanje kolovozne konstrukcije sračunato je za eksploatacioni period od 10 godina i iskazano ukupnim brojem standardnih osovina od 80kN, a u zavisnosti od osovinskog opterećenja, faktora ekvivalencije prognoze saobraćaja.

Tabela 2. *Ekvivalentno saobraćajno opterećenje*

Naziv deonice	ESO
za Dobanovce – aerodrom Nikola Tesla	18.5 x 106
aerodrom Nikola Tesla – BGD (Novi Sad)	25.8 x 106
BGD (Novi Sad) – BGD (Tošin Bunar)	39.2 x 106
BGD (Tošin Bunar) – BGD (petlja Mostar)	42.1 x 106
BGD (petlja Mostar) – BGD (Autokomanda)	40.5 x 106
BGD (Autokomanda) – Bubanj Potok	34.7 x 106

3.2. Merodavne temperature vazduha i asfaltnih slojeva

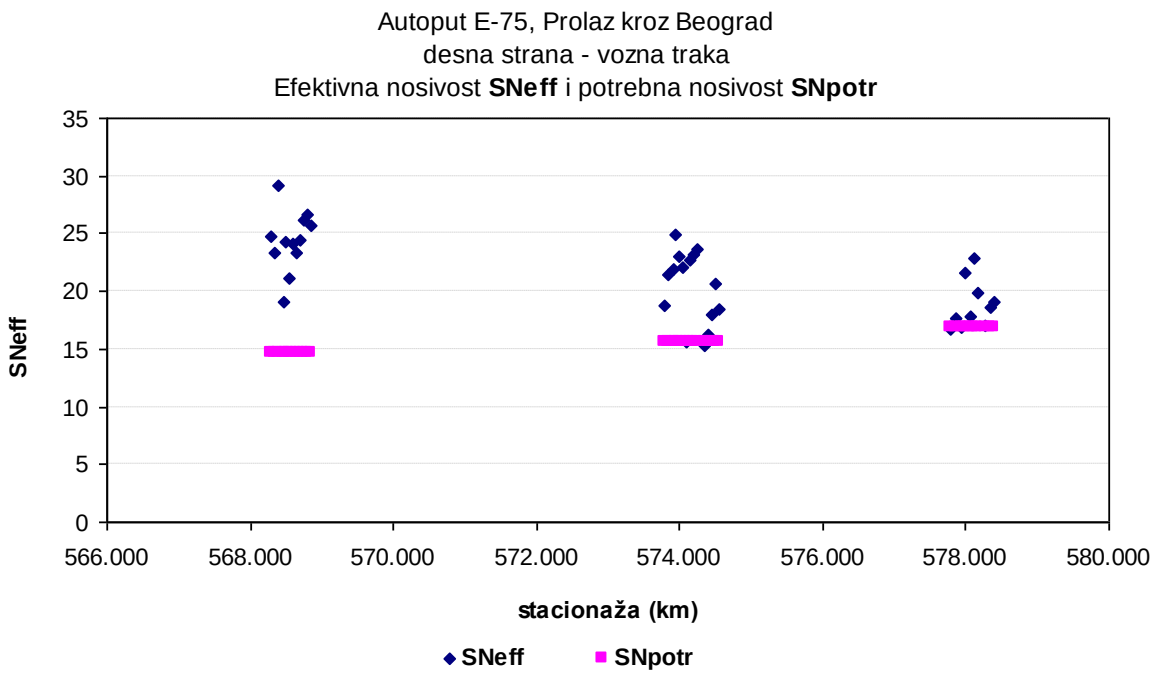
Analizirani su klimatski uslovi za područje Beograda, pa je prema tome merodavna godišnja temperatura vazduha ~ 13°C, a efektivna godišnja temperatura asfaltnih slojeva je 19 - 20 ^{o}C. Indeks mraza za područje Beograda je I_h = **120** °Cxdana. Dubina prodiranja mraza je **X**= **65 - 70cm.**

4. PRORAČUN KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

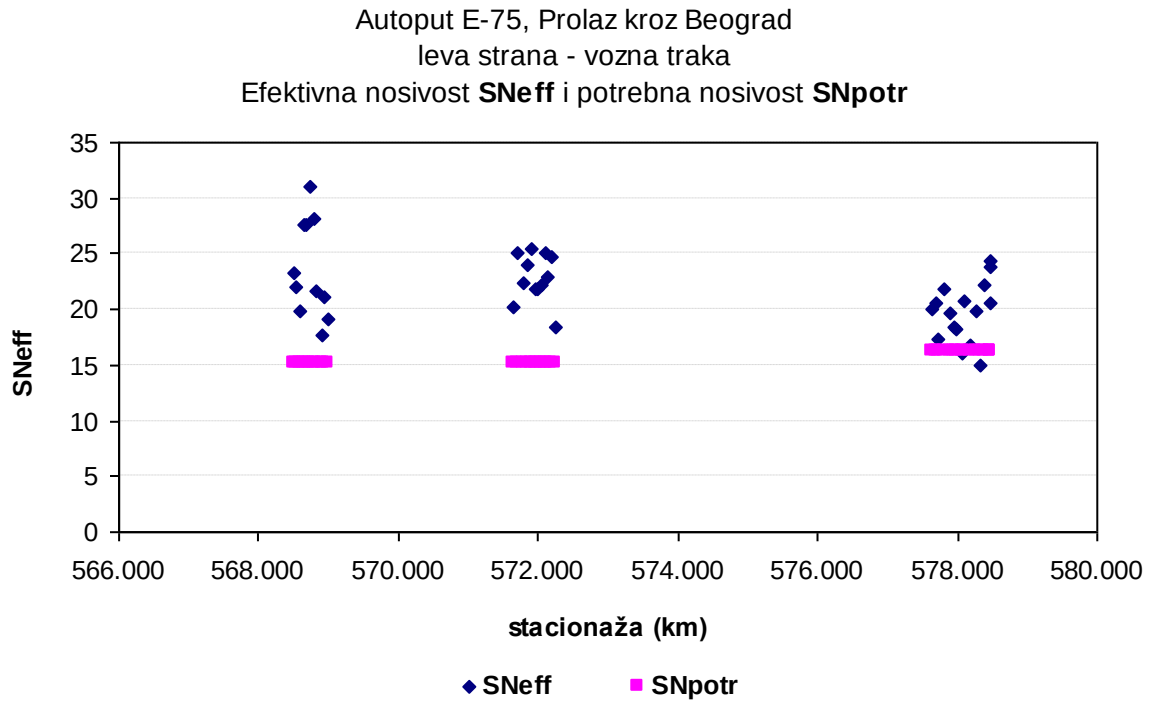
Analiza nosivosti postojeće kolovozne konstrukcije i proračun potrebnog pojačanja je rađena prema REVISED AASHTO OVERLAY DESIGN PROCEDURE (1993). Nosivost postojeće kolovozne konstrukcije je iskazana efektivnim strukturnim brojem SN_{eff}. Proračun strukturnog broja postojeće kolovozne konstrukcije SN_{eff} sračunat je na osnovu merenja defleksija.

4.1. Proračun efektivnog strukturnog broja

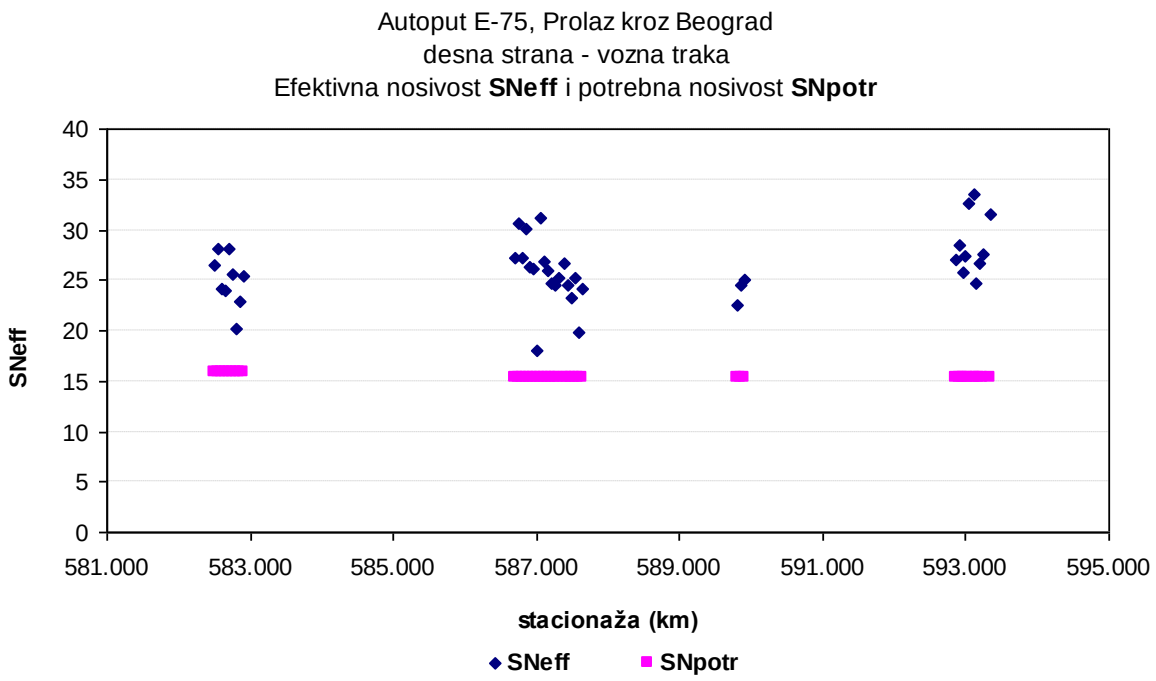
Proračun efektivnog i potrebnog strukturnog broja kolovozne konstrukcije je urađen na osnovu strukture kolovoza, korigovane vrednosti defleksija i računske vrednosti modula posteljice $M_{r,}$a za homogene, reprezentativne poteze.



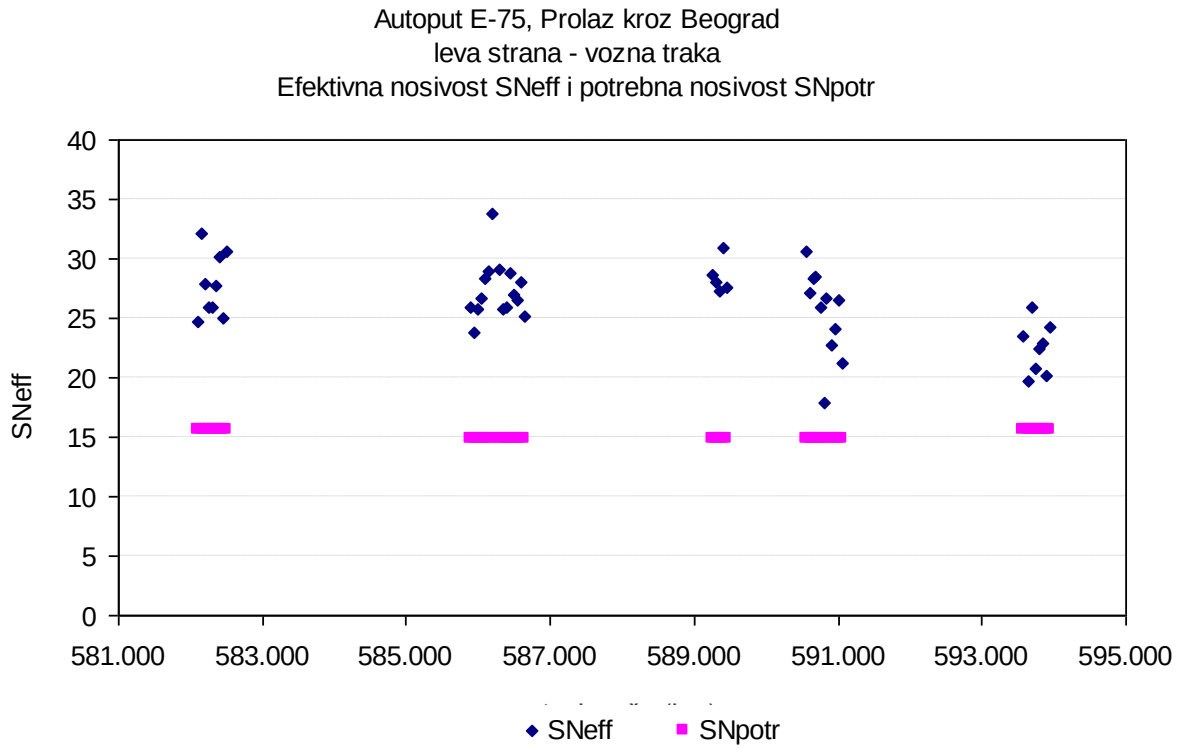
Slika 1. *SN-Sektor 1 (desna strana)*



Slika 2. *SN-Sektor 1 (leva strana)*



Slika 3. *SN-Sektor 2 (desna strana)*



Slika 4. *SN-Sektor 2 (leva strana)*

Na osnovu svega iznetog zaključeno je da sa aspekta nosivosti, nije potrebno pojačanje kolovozne konsrukcije.

4.2. Izbor načina osposobljavanja kolovoza za naredni eksploatacioni period

Izbor načina osposobljavanja kolovozne konstrukcije se bazira na karakteristikama slojeva postojeće konstrukcije i faktora kao što su saobraćajno opterećenje i klimatske karakteristike.Na osnovu urađenih analiza, definisanje radova na popravci postojećeg kolovoza je zasnovano na tome da se izvrši korekcija poprečne i podužne ravnosti kolovozne površine, uz zamenu asfaltnih slojeva.

5. PROJEKTNA REŠENJA

Rešenja su zasnovana na utvrđenom stanju kolovoza, periodu dalje eksploatacije za koji se želi osposobiti kolovoz (10 godina), odnosno na rezultatima analiza i proračuna prikazanim u prethodnim tačkama. Predviđeni pripremni radovi na postojećem kolovozu koji su predhodili izradi slojeva pojačanja, podrazumevali su profilisanje struganjem, zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm i obradu pukotina iz sloja cementne stabilizacije.

Projektna rešenja rehabilitacije Autoputa E-75, deonica: Petlja Aerodrom – Most Gazela (sektor 1) su:

- preticajna traka (smer ka Nišu)

km.564+580 – km.565+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.565+400 – km.575+800
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.575+800 – km.579+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=18 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada izravnavajućeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB).... d=5 cm
- postavljanje termostabilne mreže za armiranje asfaltnih slojeva
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- vozna traka (smer ka Nišu)

km.564+580 – km.575+800
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.575+800 – km.579+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- preticajna traka (smer ka Aerodromu)

km.568+200 – km.575+800
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km 575+800 – km 579+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=18 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada izravnavajućeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB).... d=5 cm
- postavljanje termostabilne mreže za armiranje asfaltnih slojeva
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- vozna traka (smer ka Aerodromu)

km.568+200 – km.575+800
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.575+800 – km.579+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=18 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom

- zaustavna traka (smer ka Aerodromu)

km.564+580 – km.575+800
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.575+800 – km.579+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

Projektna rešenja rehabilitacije Autoputa E-75, deonica: Most Gazela – Bubanj Potok (sektor 2) su:

- preticajna traka (smer ka Nišu)

km.581+100 – km.584+000
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- postavljanje termostabilne mreže za armiranje asfaltnih slojeva
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.584+000 – km.588+250
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.588+250 – km.594+740
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- vozna traka (smer ka Nišu)

km.581+100 – km.584+000
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- postavljanje termostabilne mreže za armiranje asfaltnih slojeva
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.584+000 – km.594+740
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- zaustavna traka (smer ka Nišu)

km.581+100 – km.584+000
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.584+000 – km.587+700
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.587+700 – km.588+250
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.588+250 – km.592+100
- rušenje postojećih betonskih ploča
- priprema postojećeg nevezanoog sloja
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=10 cm
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.592+100 – km.594+740
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- preticajna traka (smer ka Aerodromu)

km.581+100 – km.584+000
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- postavljanje termostabilne mreže za armiranje asfaltnih slojeva
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.584+000 – km.588+200
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.588+200 – km.594+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- vozna traka (smer ka Aerodromu)
km.581+100 – km.584+000
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- popravka reflektovanih pukotina iz sloja sementom stabilizovanog agregata
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- postavljanje termostabilne mreže za armiranje asfaltnih slojeva
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.584+000 – km.592+200
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.592+200 – km.594+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=18 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada izravnavajućeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB).... d=5 cm
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

- zaustavna traka (smer ka Aerodromu)

km.581+100 – km.584+000
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.584+000 – km.587+700
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.587+700 – km.588+200
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=13 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.588+200 – km.592+200
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=18 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada izravnavajućeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB).... d=5 cm
- izrada nosećeg sloja od bitumeniziranog materijala BNS 22sA (PmB)..... d=9 cm
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

km.592+200 – km.594+400
- struganje postojećih asfaltnih slojeva.....d=4 cm
- zalivanje podužnih, poprečnih i ostalih pukotina otvora širine > 5 mm
- prskanje sloja bitumenskom emulzijom
- izrada habajućeg sloja od skeletnog mastiks asfalta SMA 0/11(PmB).....d=4 cm

6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada je bila sanacija postojeće kolovozne konstrukcije na Autoputu E-75, deonica: petlja Aerodrom – Bubanj Potok za naredni eksploatacioni period od 10 godina. Mostovi nisu bili predmet ovog projekta.. Na osnovu urađenih analiza, izvršeno je definisanje radova na popravci postojećeg kolovoza, a bilo je zasnovano na sledećim potrebama i zahtevima:

- da se izvrši korekcija poprečne i podužne ravnosti kolovozne površine
- da se obezbedi izrada habajućeg sloja odgovarajuće makroteksture i otpornosti na pojavu kolotraga

Radovi na rehabilitaciji izvedeni su u periodu od 2010 – 2012 godine

ISKUSTVA U UPOTREBI HOBAS CENTRIFUGALNIH POLIESTERSKIH CEVI ZA ODVODNJU MOSTA

Jelena Milošević ing. građ., Eduard Hesky dipl. ing. građ. , Stefan Wutte ing.
HOBAS Rohre GmbH Austrija/ HOBAS Rohre GmbH-Predstavništvo u Republici Srbiji
jelena.milosevic@hobas.com

Rezime: *U članku se navode glavne karakteristike HOBAS centrifugalnih poliesterskih cevi, koje su posebno značajne za upotrebu u projektima odvodnje mostova. Takođe se navode primeri ugradnje u različitim uslovima, kao i detalji na koje je potrebno obratiti pažnju prilikom projektovanja i izvođenja, u cilju funkcionalnosti odvodnje, dugotranosti i ekonomske isplativosti.*

Ključne reči: *poliesterske cevi, odvodnja, mostovi, funkcionalnost, trajnost, ekonomičnost, brza ugradnja.*

1. UVOD

Odvodnja je jedan od značajnijih elemenata u konstrukciji mosta zbog specifičnih zahteva, koji nisu toliko izraženi u klasičnoj izgradnji puteva. Brzo i efikasno odvođenje vode sa gornje površine mosta bitno je za bezbednost saobraćaja, a značajno utiče na trajnost i troškove održavanja mosta.



Slika 1. Most Gazela

Zato, prilikom odabira elemenata za odvodnju mostova, treba zadovoljiti sledeće zahteve:



Slika 2. Most Gazela

- Brza i jednostavna montaža-zbog nepristupačnosti slivnika i prihvata, koji su najčešće na donjoj strani mosta
- Apsolutna vodonepropusnost-kako voda i agresivni mediji ne bi došli do nosive konstrukcije
- Otpornost na koroziju –zbog agresivih sredstava protiv smrzavanja puta u zimskom periodu i eventualnog izlivanja agresivnih tečnosti
- Velika otpornost na habanje-zbog prisutnosti krutih čestica u otpadnim vodama
- Mali koeficijent toplotnog širenja cevi
- Velika otpornost na UV zračenje

Jelena Milošević ing. građ.
HOBAS Rohre GmbH-Predstavništvo u Republici Srbiji
jelena.milosevic@hobas.com

U ukupnoj ceni mosta, odvodnja predstavlja vrlo mali deo investicija, zbog toga je logično da se ugrađuju materijali, koji svojim kvalitetom, zadovoljavaju sve pomenute zahteve tokom čitavog veka trajanja mosta.



Slika 3. Most Gazela

2. Iskustva u upotrebi HOBAS centrifugalnih cevi za odvodnju mosta



HOBAS je začetnik tehnologije i proizvođač centrifugalnih staklom ojačanih poliesterskih cevi sa više od 50-godišnjim iskustvom.

Cevi su izrađene od tri osnovne komponente: staklena vlakna koja deluju kao armatura, poliesterska smola kao vezivo i pesak kao punioc. Proizvode se u 6 metara dugim čeličnim kalupima centrifugalnim postupkom prema OENORM B5161, EN 14364 i EN 1796. Doziranje sirovina je potpuno automatizovano, a njihova količina u strukturi cevi tačno je određena klasom cevi. Okretanjem kalupa dozirani materijal se centrifugalnim pritiskom od 30 do 50 bara sabija uz zid kalupa.

Slika 4. Most Gazela

Na taj način se dobija optimalna gustoća materijala, odnosno kompaktna struktura cevi u kojoj nema mehurića vazduha, a sve tri komponente su u potpunosti homogeno sabijene jedna uz drugu. Ovo je najveća prednost centrifugalnog postupka proizvodnje. Sledi faza stvrdnjavanja, odnosno polimerizacije poliesterske komponente pri povišenoj temperaturi. Nakon završene polimerizacije dodatno zagrevanje ne može više omekšati stvrdnutu smolu, što je velika prednost duroplastičnih materijala.



Slika 5. Nadvožnjak Borova glava



Slika 6. Most Beška

Unutrašnji zaštitni sloj od čiste poliesterske smole bez punioca i armaturnog ojačanja koji ima debljinu min. 1 mm ima funkciju vodonepropusnosti, hemiske otpornosti i otpornosti na abraziju, a vrlo je gladak pa su hidraulički otpori vrlo mali. Taj sloj nema funkciju nosivosti i zbog toga njegovo trošenje vremenom ne utiče na nosivost cevi.

Centrifugalne poliesterske cevi na najbolji način objedinjuju dobre osobine metalnih cevi: visoka mehanička čvrstoća i krutost, otpornost na UV zrake i termoplastičnih cevi (PVC – polivinilhlorid, PEHD- polietilen visoke čvrstoće, PP-polipropilen): lakoća, glatkoća i otpornost na koroziju, bez prisutnosti njihovih loših osobina. Ta loša svojstva kod metalnih cevi su: velika težina, slaba otpornost na koroziju i abraziju, a kod termolastičnih cevi (PVC, PEHD, PP): slaba mehanička čvrstoća i mala podužna krutost, osetljivost na UV zrake, veliko toplotno širenje.

Zbog svojih izuzetnih osobina HOBAS cevi i fazonski komadi poseduju sertifikate jednog od najmerodavnijih svetskih instituta za ispitivanje materijala nemačkog TÜV-a kojim se potvrđuje ispunjavanje dodatnih zahteva u odnosu na one koje su propisane standardima, a definisane su u smernicama TÜV MUC-KSP-A 2000 za ovu vrstu materijala.



Slika 7. Most Beška



Slika 8. Most Beška

2.1. Osnovne karakteristike HOBAS cevi

Visoka upravna nosivost:

Armirani zid cevi dugatrajno podnosi visoka upravna opterećenja bez krtog loma, uz vrlo dobro apsorbovanje vibracija za vreme i nakon ugradnje.

Jelena Milošević ing. građ.
HOBAS Rohre GmbH-Predstavništvo u Republici Srbiji
jelena.milosevic@hobas.com

Podužna krutost:

Naročito važna karakteristika za cevovode koji vise na vešaljkama. Obezbeđuje da cev ima konstantno oticanje i kod malih nagiba. Kad se cevi polažu iznad zemlje, onda za cevi profila DN≤500 oslonac treba da bude svaka 3m, a za veće profile na svakih 6m uz dovoljnu površinu naleganja. Ovo je dovoljno da između vešaljki ne dođe do neželjenih deformacija, koje bi mogle uzrokovati taloženje.



Slika 9. Nadvožnjak Ovčar banja

Otpornost na abraziju:

Unutrašnja površina cevi koja je u kontaktu sa medijima, izrađena je od čiste poliesterske smole debljine minimum 1mm, što daje izuzetno dobru otpornost na trošenje (ispitivano Darmštat metodom prema DIN 19565).



Slika 10. Nadvožnjak Tošin Bunar

Vodonepropusnost:

Ispituje se vodonepropusnost svih elemenata cevovoda. Cevi pod pritiskom opterećuju se kratkotrajno na pritiske višestruko većih od nazivnih (PN). Dugoročnim ispitivanjem se proverava da li su cevi u skladu sa normama za centrifugalne cevi, koje nalažu da npr. PN 10 bara cev nakon 50 godina ima faktor sigurnosti 1,9.

Otpornost na UV zrake:

Poliester kao duroplastičan materijal, uz polimerizaciju izvedenu do kraja i povećanu koncentraciju peska u spoljašnjem sloju, dozvoljava ugradnju i skladištenje cevi na otvorenom što je značajna karakteristika za projekte odvodnje mostova.

Hemiska otpornost:

Poliesterske cevi i spojnice imaju izuzetno visoku hemisku otpornost na kisele i bazne medije od pH1 do pH13.

HOBAS izrađuje cevi od različitih poliesterskih smola, zavisnosti od vrste, koncentracije hemikalija i temperature medija. Mehanička svojstva u zavisnosti od medija unutar cevi ispituju se takozvanim ″Strain corrsion″ testom, gde je cev dugotrajno podvrgnuta istovremenim hemiskim i mehaničkim opterećenjima.

Ponašanje pri promenama temperatura:

Centrifugalne poliesterske cevi imaju mali koeficijent termičkog širenja. Za gravitacione cevi koje se i koriste za odvodnju mostova iznosi $30x10^{-6}$ 1/K, dok je za cevi pod pritiskom još i manji.

Jednostavna i brza montaža:

Cevi i fazonski komadi su lagani i jednostavno se spajaju preko spojnice koja je fabrički ugrađena na cev. Moguća je ugradnja pri svim vremenskim uslovima, bez posebih naprava i mašina. Cevi imaju isti prečnik i spolja su potpuno glatke po celoj dužini, pa mogu da se seku na bilo kom mestu i spajaju originalnom spojnicom, bez potrebe za obradom krajeva cevi.



Slika 11. Nadvožnjak Tošin Bunar



Slika 12. Nadvožnjak Tošin Bunar

Dugotrajnost:

U normama prema kojima se proizvode HOBAS centrifugalne cevi, navedeni su zahtevi koji nakon sprovedenih dugotrajnih mehaničkih i hemiskih ispitivanja moraju biti ispunjeni kako bi trajnost od minimum 50 godina bila i egzaktno dokazana. Bitno je napomenuti da poliester, kao duroplastični materijal, ima znatno veću trajnost (sporije starenje) u odnosu na termoplastične mase (kao na primer PVC, PEHD, PP) manje je podložan uticaju toplote i atmosferskim uticajima i dokazao se kao dugotrajno kvalitetno rešenje.

3. Montaža

Lagane centrifugalne poliesterske cevi omogućavaju brzu i jednostavnu montažu. Odlična aksijalna krutost cevi dozvoljava da razmak ovešenja odnosno oslonca da bude na svakih 3 ili 6 metara bez ugiba usled težine ispunjene cevi. Na taj način je u potpunosti osigurana odvodnja bez opasnosti od taloženja, koji bi se kod malih protoka mogao da se pojavi u deformisanim cevima. Zbog malog koeficijenta toplotnog širenja $\alpha=30x10^{-6}$ 1/K cevi se mogu direktno učvrstiti na podkonstrukciju. Male razlike u istezanju materijala cevi i materijala mosta (beton ili čelik), kompezuju se u svakom spoju cevi u spojnici.

Jelena Milošević ing. građ.
HOBAS Rohre GmbH-Predstavništvo u Republici Srbiji
jelena.milosevic@hobas.com



Slika 13. Most br. 15 Obilaznica oko Beograda

Kompezatori na cevovodu su potrebni samo na mestima gde su i dilatacije samog mosta.

Veza između uzdužne cevi odvodnog sistema i slivnika se ostvaruje pomoću kratkog vertikalnog komada (najčešće je to standardni T-komad) i elemenata koji omogućavaju spajanje sa drugom vrstom materijala npr. slivnika od livenog gvožđa, koji ima različit prečnik.

U prezentaciji koja će biti prikazana na samom kongresu navešće se primeri ugradnje u različitim uslovima, kao i detalji na koje je potrebno obratiti pažnju prilikom projektovanja i izvođenja, a sve u cilju funkcionalnosti odvodnje, dugotranosti i ekonomske isplativosti.

4. Zaključak

Gradnja novih i rekonstrukcija postojećih mostova i nadvožnjaka u Republici Srbiji uz upotrebu HOBAS centrifugalnih cevi za odvodnju pokazala se kao korak napred u konstantnom poboljšanju kvaliteta srpske mostogradnje. U narednim godinama Republika Srbija će biti veliko gradilište u oblasti putne infrastrukture i značajno je da se koriste najkvalitetniji materijali zbog funkcionalnosti, ekonomičnosti i trajnosti budućih projekata. Važnost takvog pristupa se vidi već i sada, kada moraju da se izdvajaju velika sredstva za obnovu ranije građenih mostova, koji su vremenom oštećeni, velikim delom zbog loše odvodnje. Zbog toga se na mostovima, koji su sami po sebi skupi delovi putne infrastrukture, kvalitetno izvođenje odvodnje sa upotrebom kvalitetnih materijala, pokazuje kao najjeftinije dugotrajno rešenje.



Slika 14. Most br. 15 Obilaznica oko Beograda

TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE I ORGANIZACIONE PROMENE U PEDESETOGODIŠNJEM PERIODU

Izet Ljajić,dipl.građ.inž.
A.D."Novi Pazar-put", izet.ljajic@np-put.rs
Ertan Ljajić,dipl.inž.el.
A.D."Novi Pazar-put", ertan.ljajic@np-put.rs
Senad Ibragić,građ.tehn.
A.D."Novi Pazar-put", senad.ibragic@np-put.rs
Fatima Ramović,građ.tehn.
A.D."Novi Pazar-put", fatima.ramovic@np-put.rs

Rezime: *U radu je obrađeno zimsko održavanje puteva na teritoriji koju pokriva AD "Novi Pazar – put". Prikazano je održavanje puteva u vremenskom razdoblju od 50 godina, od osnivanja firme do današnjih dana. Pedeset godina je period u kojem su se tehnologije i sredstva za održavanje puteva značajno menjali, pa je ovo i svojevrstan istorijski prikaz razvoja održavanja puteva u zimskim uslovima ne samo za našu firmu, već i sire, jer sui ostale firme imale sličan razvojni put. Značajnu ulogu u zimskom održavanju puteva u našem krajuimale sui slaba razvijenost putne mreže, oštre zime, teški tereni. Putevi su jedina sredstva za promet ljudi i robe u našem kraju, pa smo i zbog toga morali da uložimo dodatne napore da putevi budu prohodni i bezbedni, čak i u najsurovijim uslovima. Nakon 50 godina iskustva možemo da se pohvalimo savremenim sredstvima i tehnologijama za zimsko održavanje puteva, al ii detaljnim praćenjem svih parametara bitnih za kvalitetno održavanje puteva u zimskim uslovima.*

Ključne reči: *zimsko održavanje puteva, istorijat zimskog održavanja, nerazvijeni putevi, vremenski uslovi*

UVOD

Značaj puteva na područjima gde ih mi održavamo ne može se dovoljno naglasiti. U većini tih mesta putevi su jedino sredstvo za protok ljudi i robe i prekid puteva za nas znači prekid života. Uvek smo posebnu pažnju poklanjali održavanju puteva, jer znamo da od toga zavise životi ljudi. Za firmu AD „Novi Pazar – Put“ održavanje puteva ne predstavlja samo izvor prihoda, već pre svega održavanje života i način da doprinesemo opstanku i razvoju našeg kraja, države.

Održavanje puteva u našim krajevima ne samo da je značajan, već i jako naporan posao. To se naročito odnosi na zimsko održavanje, jer su kod nas zime uglavnom veoma hladne i sa puno snežnih padavina. Brdsko planinski prostori na našoj teritoriji su dominantni, jer se na njima nalazi veliki broj planina: Goč, Stolovi, Čemerno, Kopaonik, Golija, Rogozna, Mojstir, Jadovnik i čuvena Pešterska visoravan koji utiču na stvaranje nepovoljnih vremenskih uslov. Ipak mi i u tim uslovima uspevamo da puteve održavamo prohodnim, što znači da se kvalitetnim radom i primenom modernih tehnologija putevi mogu održavati i u najsurovijim uslovima.

Tokom više od pola veka zajedno sa razvojem firme i putne mreže menjale su se i poboljšavale tehnologije za održavanje puteva. Da bi smo pričali o savremenom održavanju potrebno je da se osvrnemo i na periode koji su mu predhodili, jer ga jedino tako u potpunosti možemo razumeti. Zbog toga sam zimsko održavanje puteve, koje je na našim prostorima staro više od pola veka, podelio u tri perioda:

1) Manuelno održavanje (od 1962. do 1972. godine)
2) Modernizacija tucaničkih kolovoza i osavremenjavanje mehanizacije za zimsko održavanje (od 1972. do 1992. godine)
3) Savremeno zimsko održavanje (od 1992. do 2012. godine)

Bez obzira o kojem periodu se radilo nama je bio zadatak da omogućimo bezbedno kretanje stanovništva. U prvom vremenskom razdoblju nismo imali materijalnih, tehničko-tehnološki, kao ni kadrovskih uslova da odgovorimo na taj zadatak. Zato je stanovništvo tada bilo prinuđeno da se snalazi da bi preživeli teške zime kada bi putevi bili zavejani i po nekoliko meseci. Time su naše obaveze i odgovornosti postajali sve veći, pa smo maksimalno nastojali da omogućimo prohodnost puteva i stvorimo uslove za normalan život i u zimskim uslovima.

Konstantno smo se napredovali. Kako tehnološki, tako i kadrovski i u mehanoopremljenosti. Osim što smo se trudili da izvršimo svoju primarnu misji, da puteve održavamo čistim, pratili smo sve i neophodne parametre na ključnim mestima (punktovima) koji su nam služili da usavršavamo organizaciju i uslove rada.

Stepen izgrađenosti putne mreže diktira uslove rada i način intervenisanja u zimskom periodu. Zbog toga se ne može pričati o održavanju puteva, a ne pomenuti razvoj puteva.

Više od pola veka od našeg postojanja dug je vremenski period u kojem smo se bavili održavanjem i izgradnjom puteva. Kakvi su bili, kako su se gradili putevi i kako se vršilo održavanje tih puteva prikazaćemo kroz tri vremenska perioda od 1962. godine do danas.

Tabela 1: *Veličina i stanje putne mreže na dan:*

31.12.1962.

Kategorija Puta	VRSTA KOLOVOZA									
	Savremeni	%	Tucanik	%	Zemlja	%	Neprosečeno	%	Ukupno	%
I REDA	7	4	151	96					158	100
II REDA			170	57	93	31	34	12	297	100
UKUPNO	7	2	321	70	93	20	34	8	455	100

I Period 31.12.1972.

Kategorija puta	VRSTA KOLOVOZA									
	Savremeni	%	Tucanik	%	Zemlja	%	Neprosečeno	%	Ukupno	%
I REDA	184	100							184	100
II REDA	150	50	96	32	29	10	22	8	297	100
III RDA	64	15	204	34	42	7	104	17	414	100
UKUPNO	398	44	300	34	71	8	126	14	895	100

II Period 31.12.1992.

Kategorija Puta	VRSTA KOLOVOZA									
	Savremeni	%	Tucanik	%	Zemlja	%	Neprosečeno	%	Ukupno	%
M putevi	263	87	3	1			37,5	12	303	100
R putevi	265	42	218	35	122	20	21	3	626	100
UKUPNO	528	57	221	24	122	13	58,3	6	929	100

III Period 31.12.2011.

Kategorija puta	VRSTA KOLOVOZA									
	Savremeni	%	Tucanik	%	Zemlja	%	Neprosečeno	%	Ukupno	%
M putevi	263	87	3	1			37,5	12	303	100
R putevi	410	65	130	22	65,2	10	20,82	3	626	100
UKUPNO	673	72	133	14	65,2	7	58,32	7	929	100

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Tabela 2: Tabelarni pregled puteva prema vrsti predela

PUNKT	KM	TERENI							
		ravničarski	%	brežuljkasti	%	brdoviti	%	planinski	%
KRALJEVO	150	69	46	45	30	21	14	15	10
UŠĆE	73	30	43	17	24	10	14	14	20
RAŠKA	112	49	44	38	34	10	9	23	21
KOPAONIK	65			15	23	19	29	31	48
N.PAZAR	166	48	29	37	22	32	19	49	30
SJENICA	136			21	15	45	33	63	46
D.POLJANA	113			11	10	43	38	59	52
TUTIN	100			28	28	57	57	20	20
RIBARIĆE	34			10	28	19	57	5	15
UKUPNO	**929**	**196**	**21**	**222**	**23**	**257**	**27**	**279**	**29**

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Prikazani podaci govore da smo imali veliki uticaj na razvoj – izgradnju i održavanje putne mreže. Vidi se da je veći deo putne mreže u brdsko-planinskim predelima, koji su izloženi vrlo surovim vremenskim prilikama i teškim uslovima za život koji se poboljšavaju izgradnjom i održavanjem puteva.

Na pojedinim lokacijama zima traje i do 7 meseci, a oko 70% današnje putne mreže nalazi se na nadmorskim visinama većim od 500m, oko 30% su na visinama većim od 1000m, a najveći prevoj je na Kopaoniku - Jaram na 1900m. Zimsko održavanje na nekim deonicama traje i duže od 7 meseci.

Vremenski periodi razvoja puteva na našim prostorima su podeljeni prema intezitetu izvođenja radova na putevima.

I PERIOD - MANUELNO ODRŽAVANJE (OD 1962. DO 1972. GODINE)

Putevi su sa makadamskim, tucaničkim i zemljanim kolovozom. Zimsko održavanje puteva vrši se manuelno. Iz predhodnih tabela vidi se da je stepen izgrađenosti putne mreže bio nepovoljan pa je i mogućnost održavanja bila ograničena, jer mehanizacija nije ni postojala.



Slika 1: *Volujska zaprega sa vozom*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Zato se čišćenje puteva vršilo ručno lopatama. Na prevojima puta snežni nanosi su bili veliki pa su se morale organizovati akcije iz obližnjih sela na kojima je bilo i do 250 ljudi da čiste sneg lopatama. Često je njihov rad bio uzaludan, jer su olujni vetrovi to znali da zatrpaju za par minuta, onda je moralo da se akcija ponovi kada oluja stane. Posle lopate, prelazi se na savremenije održavanje sa drvenim ili metalnim vozama koje su vukle volujske ili konjske zaprege.

U ovim neprilikama prekid saobraćaja bio je više dana, a prevoz putnika i robe na Pešterskoj visoravni od Sjenice do Duge Poljane vršen je “savremenim sankama“ gde su pojedine imale zatvorenu prostoriju, koju je grejala peć zvana „furuna“, ili su se putnici pokrivali ćebadima ili gunjevima.

U ovom periodu dešavali su se slučajevi da neko kada umre bude prebačen do džamije ili crkve i ostane (2-3) dana dok se stvore povoljni uslovi za premeštaj do mesta gde će biti sahranjen.

Kasnije počinju da se koriste buldozeri, zatim Fapovi duplaci koje su vukli metalne voze, a onda su na njima montirani plugovi bez hidraulike.Tako se nastavljala surova borba sa snegom sve do kraja zime.



Slika 2: *Buldozeri na probijanju smetova*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“



Slika 3: *FAP 13 SK*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

II PERIOD - MODERNIZACIJA TUCANIČKIH KOLOVOZA I OSAVREMENJAVANJE MEHANIZACIJE ZA ZIMSKO ODRŽAVANJE (OD 1972. DO 1992. GODINE)

Putevi se izvode uglavnom bez projekata i po postojećem stanju. Osavremenjivanje se vrši površinskom obradom ili jednim slojem bito-šljunka. Pojedine deonice počinju da se izvode po projektu sa svim potrebnim elementima.

U ovom periodu dodelju nam se putevi III reda te je mreža uvećana na 895+000km. Tucanički putevi se osavremenjavaju po postojećem stanju površinskom obradom ili asfaltnim zastorom, bitošljunak najčešće u jednom sloju. Time se procenat savremenih kolovoza povećava iz godine u godinu te dostiže 57%. Pri kraju ovog perioda pojedine deonice projektuju se sa svim tehničkim elementima po kojim se izvode putevi.



Slika 4: *Punkt „Kopaonik“*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

U istom vremenskom periodu dolazi do znatnog povećanja motornog saobraćaja, samim tim i potreba za veću bezbednost i prohodnosti na putevima u zimskom periodu. Da bi odgovorili tom zadatku formirali smo 5 (pet) punktova zimske službe u svakoj Radnoj jedinici, gde stacioniramo potrebnu mehanizaciju i posipni materijal, a radnicima stvaramo bolje uslove za intervencije na putevima. Godine 1990. gradimo najsavremeniji punkt na Kopaoniku, koji predstavlja simbol kolektiva, jer su se stvorili svi normalni uslovi za smeštaj i intervencije kako radne snage, tako i mehanizacije i posipnog materijala. Većim delom ovog perioda koriste se vozila sa plugovima i vučnim posipačima.

Preporod čišćenja na Kopaoniku nastaje kada kupujemo snegočistač ZIL 1982 god. a za područje Pešteri od olimpijskog komiteta iz Sarajeva nabavlja se Freza Štajer 1984. To su godine za pamćenje, jer se napori



Slika 5: *ZIL*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“



Slika 6: *STEYR*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

putara smanjuju, a prekidi saobraćaja skoro da ne postoje. Kao posipni materijal uglavnom smo koristili šljake iz kotlarnica fabrika koje se greju na ugalj, zatim pirit iz Trepče i šljake (zgure) iz Biljanovca. Sve ove šljake posedovale su hemijski sastav koji je delovao na sneg.

Od **1976 godine** počinje da se upotrebljava so za posipanje puteva. Proizvođači zimske opreme iz godine u godinu usavršavaju potrebnu opremu priključnih sredstava, noževa i posipača vučnih, a kasnije nosećih (silosnih) i freze.

U periodu od 1978 – 1994 godine pre početka zimske službe organizujemo obavezne sastanke sa policijskim upravama sa čitave teritorije preduzeća. Oni su davali odlične rezultate, jer smo utvrđivali međusobnu koordinaciju i zadatke, a sve sa ciljem da saobraćaj bude prohodan i bezbedan u zimskim uslovima.

III PERIOD – SAVREMENO ZIMSKO ODRŽAVANJE (OD 1992. DO 2012. GODINE)

Putevi se izvode i rekonstruišu po projektima poštujući sve tehničke normative. Zimsko održavanje se vrši primenom potrebnih savremenih tehničkih sredstava i zbog toga ovaj period nazivamo periodom savremenog zimskog održavanja.

U ovom vremenskom razdoblju rast broja motornih vozila dosta je brz zbog čega su se morali putevi modernizovati i rekonstruisati i izvoditi po projektu.

Tabela 3: *Razvoj motornih vozila u Srbiji od 1960 – 2012god.*

Godina	Putnička vozila	% *	Autobusi	%	Teretna vozila	%	Ukupno	%
1960	18.054	-	1.935	-	12.511	-	32.500	-
1970	189.269	1.048	4.320	223	33.007	264	226.596	697
1990	911.733	5.061	8.421	406	64.694	428	984.848	3.030
2011	1.232.990	6.829	7.031	363	121.649	972	1.361.670	4.190

** Procenat povećanja u odnosu na 1960. godinu*

Izvor:

Visina snežnih padavina i temperature se često menjaju, a na Kopaoniku i Pešterskoj visoravni za 24 časa bude i do 1 metar snežnih padavina, a temperature se znaju spustiti do – 40° u Karajukića Bunarima.

U ovom dugom vremenskom razdoblju dolazi do ekstremnih pojava i stvaranja jakih vetrova čija brzina prelazi 40km/h, a zabeležena je orkanska oluja 26. decembra 1995. godine sa 117 km/č u Sjenici. Za 24h menjaju se 4 godišnja doba. Kada je odvijanje saobraćaja nemoguće, a da bi se izbegle ljudske žrtve, neminovno je organizovano obustaviti saobraćaj, a čišćenje smetova i snežnih nanosa nastavlja se kada se stvore uslovi za nesmetano odvijanje saobraćaja.



Slika 7: *Kombinovana mašina*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

U ovom periodu stepen izgrađenosti putne mreže znatno se poboljšao. Gotovo se svi putevi izvode po projektu i sa savremenom tehnologijom. Broj vozila iz godine u godinu raste i da se zato zahtevi za prohodost puteva za svih 24h postaje imperativ, jer je automobilski saobraćaj na većem delu ovih prostora jedini vid protoka ljudi i robe. Da bi odgovorili ovoj značajnoj obavezi organizujemo održavanje na 9 (devet) punktova, koje iz godine u godinu osavremenjavamo. Stvaramo povoljnije uslove na svim punktovima, zidamo nove hangare za posipne materijale, vozila, mašine i priključna sredstva. Radnicima obezbeđujemo normalne smeštajne uslove za dežurstva, spavanje i ishranu.

U periodu punih 25 godina svakodnevno pratimo sve potrebne parametre koji utiču na bezbedno održavanje puteva i to: dnevne snežne padavine, broj dana sa snegom, broj dana sa temperaturom ispod 0°,

dnevne intervencije i potrošnja materijala. Za 9 punktova, za 4 parametra i trajanje zimske službe od 137 dana broj podataka godišnje iznosi 9 * 4* 137=4.932, a za 25 godina je 4.932 * 25 =123.300 podataka, što je vrlo veliki i odgovoran posao.

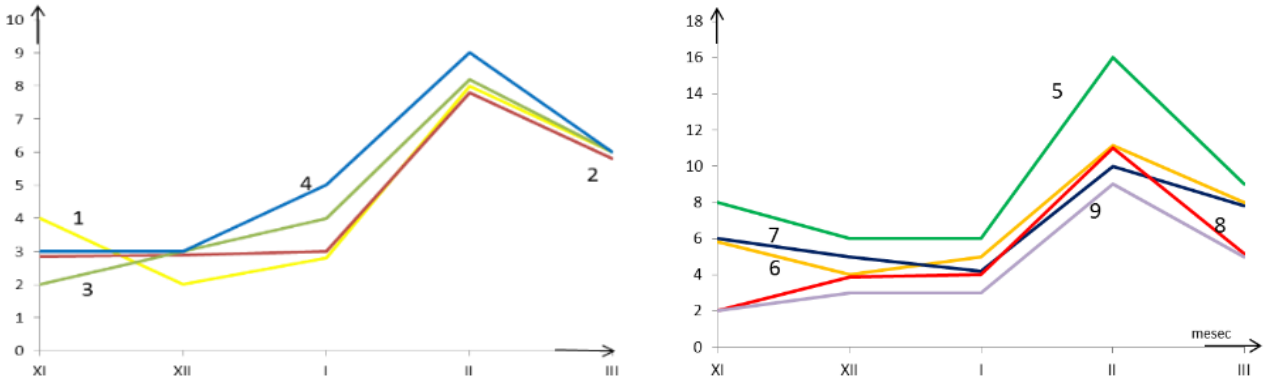
Ove podatke prikupljamo sa terena preko centralnog dežurstva koje traje 24h. Na osnovu ovih podataka vodi se evidencija o smenskom i dnevnom angažovanju mehanizacije sa priključnim sredstvima, potrošnim materijalima i angažovanju radne snage i svako jutro se dostavlja na uvid. Ukoliko se primete određene nepravilnosti u interevencijama preduzimaju se sve potrebne mere za njihovo otklanjanje. Nepravilnosti se lako utvrđuju, jer nam se ovaj dugi vremenski period praćenja pokazao vrlo korisnim. Zahvaljujući dugogodišnjem praćenju tačno znamo u kojim okvirima trebaju da se kreću rasponi i parametri koji se vode. Koristeći sve ove podatke radimo godišnje tabelarne preglede i dijagrame, a prikazali smo samo za 2005/2006 godinu koja je uzeta kao uzorak, jer je bila dosta teška sa velikim snežnim padavinama, većim brojem dana padavina, većim brojem dana sa temperaturama ispod 0°, a time i većom potrošnjom materijala i većim brojem dana posipanja materijala.

Tabela 4:

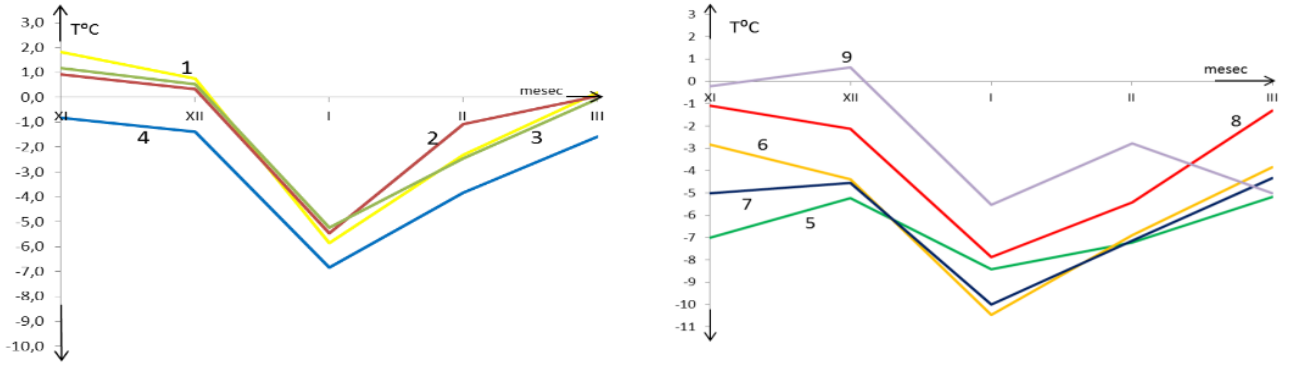
r.b.	PUNKT	KM	Površina kolovoza m2	Br. dana sa temp. Ispod 0	%	Br.dana sa snegom	%	Visina snežnih padaina cm	Br. dana sa posipanj em	%	t-SO	SO kg/m2	t-AG	AG kg/m2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	KRALJEVO	133	887.300	81	59	23	17	144	71	52	655	0,7382	1393	1,5699
2	UŠĆE	60	307.250	80	58	23	17	124	61	45	298	0,9699	522	1,6989
3	RAŠKA	89	521.000	81	59	23	17	125	65	47	327	0,6276	572	1,0979
4	KOPAONIK	65	421.400	**125**	91	**45**	33	**606**	87	64	156	0,3702	372	0,8828
5	NOVI PAZAR	194	828.500	98	72	26	19	198	109	80	601	0,7254	1918	2,315
6	SJENICA	138	390.500	109	80	34	25	339	103	75	431	1,1037	1059	2,7119
7	DUGA POLJANA	77	288.000	117	85	33	24	306	**114**	83	277	0,9618	667	2,316
8	TUTIN	76	360.000	109	80	26	19	278	98	72	388	1,0778	710	1,9722
9	RIBARIĆE	34	224.000	84	61	22	16	221	109	80	341	1,5223	544	2,4286
	Ukupno	866	4.227.950	884		255		2341	817		3474	8,1	7757	16,99
	Prosek	96,2	469.772	98	72	28	21	260	91	66	386	0,9	862	1,89

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

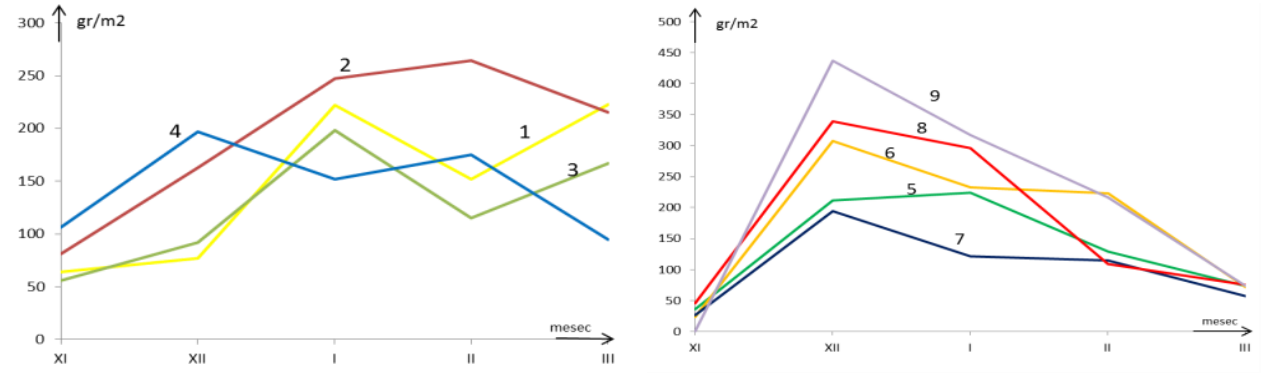
Dijagram 1: *Snežne padavine 2005/2006.god.*



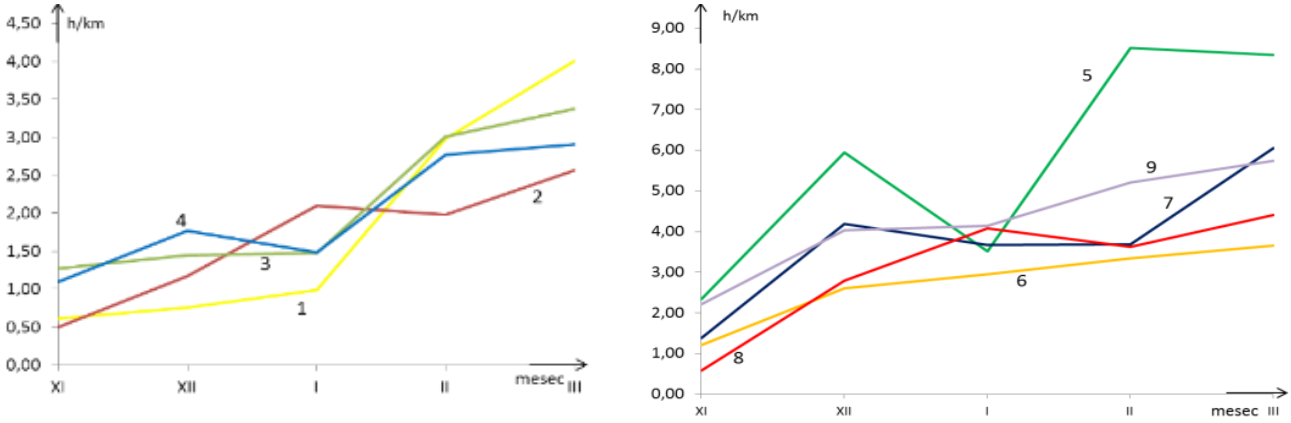
Dijagram 2: *Ostvarenja prosečnih mesečnih temperatura 2005/2006.god*



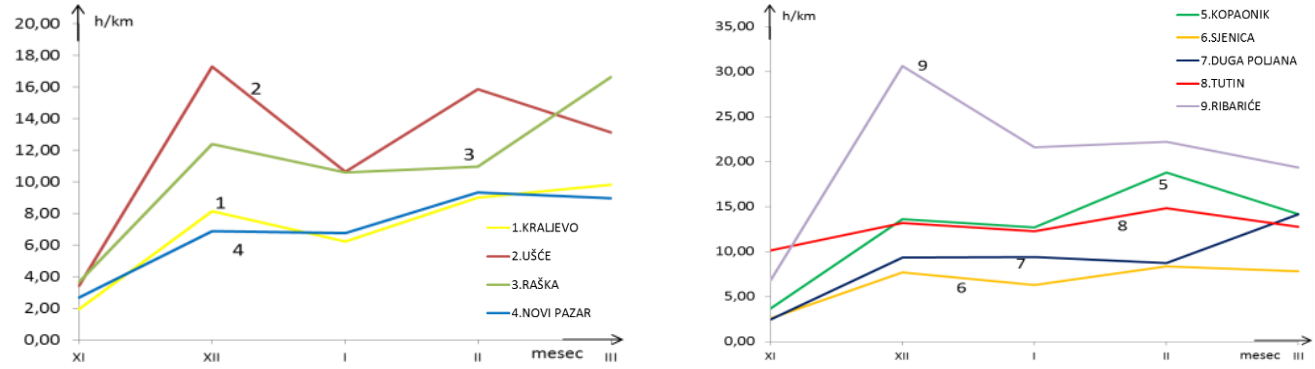
Dijagram 3: *Potrošnja soli gr/m2 2005/2006.god*



Dijagram 4: *Ostvarenja efektivnog angažovanja vozila I mašina 2005/2006.god*



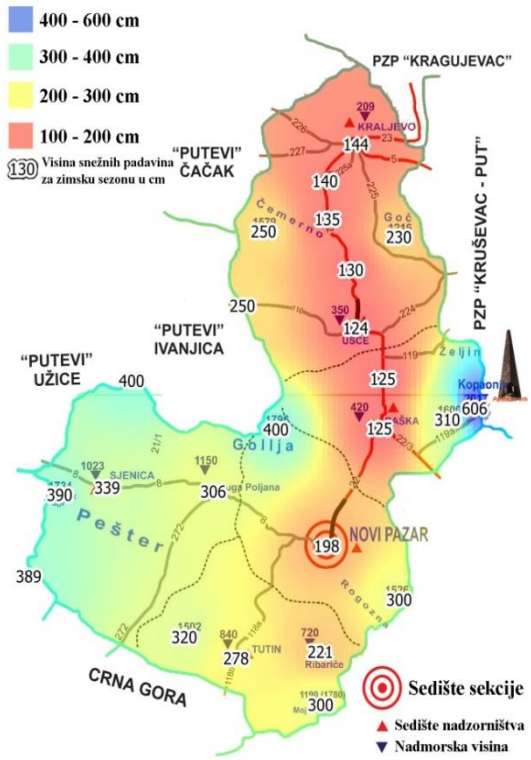
Dijagram 5: *Ostvarenja angažovanja mehanizacije sa dežurstvom 2005/2006.god*



Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Pored prikazanih tabelarnih pregleda i dijagrama po prvi put smo došli na ideju da raspoložive podatke prenesemo na kartu naše mreže.

Karta 1: *Karta sa snežnim padavinama iz 2005/2006 i putnom mrežom iz 1962. god*



Na karti sa snežnim padavinama vidi se tačno da je visina snežnih padavina zavisna od nadmorske visine puta (mesta) gde su se padavine merile. Padavine su zavisne i od strujanja vetrova koji utiču na klimatske uslove.

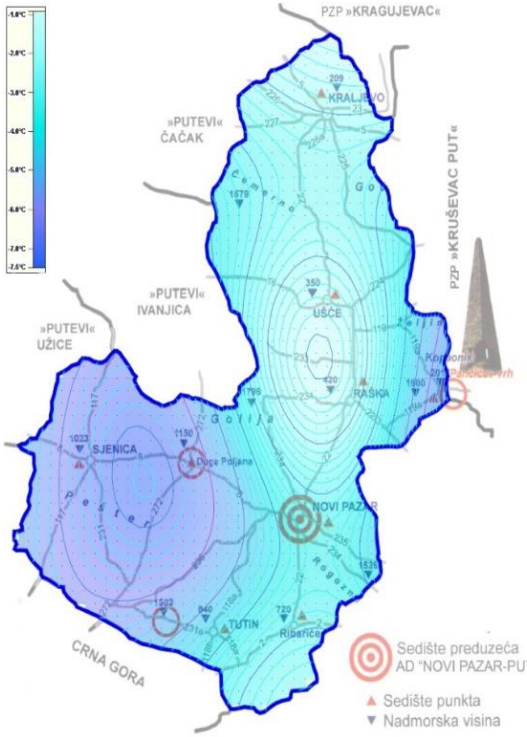
Tabela 5: *Prosečne temperature zima 2005/2006*

PROSEČNE TEMPERATURE ZIMA 2005/2006							
Punkt	XI 2005	XII 2005	I 2006	II 2006	III 2006	Prosek	Najniža temp. 2005/2006
Kraljevo	1,83	0,65	-5,65	-2,32	0,19	-1,06	-23
Ušće	0,92	0,32	-5,45	-1,07	0,04	-1,05	-19
Raška	1,17	0,42	-5,42	-2,46	-0,07	-1,27	-18
Kopaonik	-7,00	-5,87	-8,42	-7,21	-5,17	-6,74	-20
N.Pazar	-0,82	-1,39	-6,84	-3,82	-1,59	-2,89	-21
Sjenica	-2,83	-4,39	-10,48	-6,89	-3,85	-5,69	-32
D.Poljana	-5,00	-4,55	-10,00	-7,14	-4,33	-6,20	-29
Tutin	-1,08	-2,13	-7,87	-5,43	-1,30	-3,56	-30
Ribariće	-0,22	0,61	-5,52	-2,79	-5,00	-2,58	-22

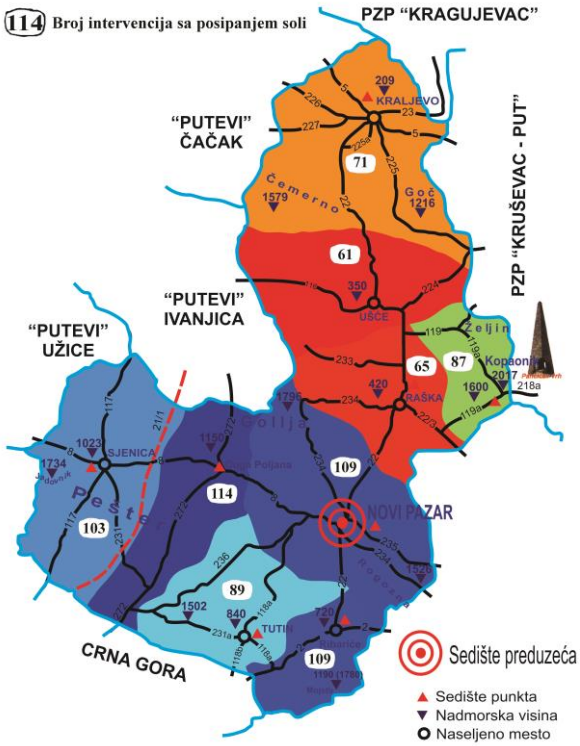
Kopaonik je na nadmorskoj visini od 1.550 sa padavinama 606 cm, dok je Duga Poljana na visini od 1100 m a sa padavinama od 306 cm.

Karta je prikazana sa mrežom puteva iz 1962 god., kada je bilo manje puteva nego danas. Po kazivanju starih u to vreme zime su bile oštrije i sa više padavina, pa nije teško zaključiti da su uslovi života u ovom periodu bili daleko teži nego danas, kako zbog vremenskih uslova, tako i zbog nerazvijene putne mreže.

Karta 2: *Karta teritorije sa prosečnim jutarnjim temperaturama za zimski period 2005/2006*



Karta 3: *Broj intervencija sa posipanjem soli iz 2005/2006 god. I putnom mrežom iz 2012.god.*



Izvor: *AD „Novi Pazar – Put“*

Sa karte o prikazanim prosečnim jutarnjim temperaturama vidimo korelaciju sa snežnim padavinama, koje utiču na potrebne intervencije za čišćenje snega.

Intervencije sa posipanjem soli nisu najveće gde su i najveće padavine, jer posipanje zavisi od više faktora kada su temperature oko 0º, onda je najnebezbednije za vožnju, te je posipanje neminovno.To je slučaj sa Dugom Poljanom, jer je 114 posipanja zbog serpentina, sunčane strane i savlađivanja uspona, dok je kod Kopaonika svega 87 posipanja sa solju, ili 61%.

Nismo pratili koliko je intervencija bilo na Kopaoniku bez posipanja soli, a često smo posipali samo šljaku ili vršili samo pluženje. Zbog toga ubuduće moramo pratiti koliko se intervencija vrši sa, a koliko bez posipanja soli.

Pored ovih podataka u knjigu dežurstva se unose podaci o prohodnosti puteva i svim većim saobraćajnim nezgodama.



Slika 8: *Ledenice u zasecima ispred tunela*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

U slučaju većih saobraćajnih nesreća obaveštavaju svi članovi štaba uključujući i direktora, te se odmah izlazi na mestu nesreće gde se vrši uviđaj. U teškim vremenskim neprilikama vrše se hitno zasedanje štaba zimske službe i svi članovi štaba obilaze celu teritoriju preduzeća gde su kritične situacije i hitno se daje nalog za povećanje potrebne mehanizacije i ljudstva.

Više od 40 godina radimo godišnje planove Zimske službe koji preciziraju sve obaveze koje treba obaviti da bi putevi bili prohodni.

Godine 1992. doneta je odluka da se putevi održavaju u tri prioriteta. Od ukupno 26 putnih pravaca, 7 je I (prvog) prioriteta i čine kičmeni stub na kojem se saobraćaj odvija. Godine 1993. donet je pravilnik o održavanju puteva koji precizira i definiše koje su obaveze na poslovima Zimske službe.



Slika 9: *Tunel na Jadranskoj magistrali*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Dva putna pravca sa prvim prioritetom prolaze kroz Ibarsku dolinu, a vezuju se sa Jadranskom magistralom. Na njima je izgrađen veći deo mostova i tunela, trase su položene u zasecima IV i V kategorije sa strmim nagibima kosina. Kako putevi prolaze kroz uske kotline dolazi do velikog strujanja vazduha gde su izražene vrlo velike temperaturne razlike, koje iznose i do 40C◦. Tada dolazi do naglog otapanja snega koje izaziva velike odrone u toku dana , a u toku noći se stvaraju ledenice u tunelima i zasecima tunela , a ređe i do stvaranja lavina. Ove pojave stvaraju ozbiljne probleme za bezbedno odvijanje saobraćaja.



Zahvaljujući višedecenijskom iskustvu utvrdili smo da su najefikasnija sredstva rada, prema vrstama terena sledeća:

I Za ravničarske i brežuljkaste terene:
- vozilo sa nožem i nosećim posipačem od (5-8) m3
- povremeno grejderi

II Za brdovite i planinske terene
- vozila sa duplom vučom, nožem i vučnim posipačem
- a vrlo efikasni i produktivne su se pokazale kombinirke sa klinastim nožem, kao i traktori sa frezama **(**rolbama)

Slika 10: *Vozilo Volvo sa posipačem*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

U izuzetno teškim vremenskim neprilikama za rasčišćavanje smetova neminovna je upotreba utovarivača i buldozera.



Slika 11: *Kombinirka sa frezom*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“



Slika 12: *Unimog sa frezom*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“



Slika 13: *Administrativni prelaz „Jarinje“*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Dešava nam se da u toku zimskog perioda na zahtev Investitora moramo da izvodimo čak i asfalterske radove, a da na brdsko-planinskim terenima čistimo sneg, kao što je to bio slučaj na administrativnom prelazu Jarinje u decembru 2012. godine.

Smatramo da smo vrlo uspešni na održavanju puteva u Zimskom periodu iz sledećih razloga:

1. Kako su putevi u 70% slučajeva jedine komunikacije za odvijanje saobraćaja to nam je veća obaveza da moraju biti prohodni 24h.
2. Zbog svakodnevnog praćenja 24h šta se dešava na putevima, sa svim nabrojanim parametrima, odmah i hitno preduzimamo sve radnje

za otklanjanje nastalih problema, a po potrebi vršimo zamene tehničkih sredstava.

3. Članovi štaba zimske službe i radnici

obavljaju svoju funkciju vrlo savesno i odgovorno. Kada to nije slučaj odmah se preduzimaju hitne mere za otklanjanje nastalih problema. Istovremeno se daje stimulacija za radnike koji se posebno ističu u ovim teškim uslovima rada.

4. Saradnja sa policijskim upravama, nadzornim organima i ostalim nadležnim institucijama uvek je bila na najvećem profesionalnom nivou, u cilju hitnog rešavanja svih eventualnih problema.

ZAKLJUČAK

Održavanje puteva u zimskom periodu, kako je to već naglašeno, je izuzetno bitno. Iz našeg višedecenijskog iskustva možemo reći da je za kvalitetno zimsko održavanje bitna dobra koordinacija između ljudstva i mehanizacije, uz pravoremene i odgovarajuće interevencije. Da bi se to postiglo moraju se kvalitetno i ažurno pratiti svi bitni parametri za zimsko održavanje. Razvoj puteva i povećanje broja vozila donose nove izazove i da bi se održao traženi nivo kvaliteta održavanja i bezbednosti u saobraćaju moramo se razvijati i primenjvati nove tehnologije.

Da bi u narednom periodu usavršili rad na zimskom održavanju moramo obratiti pažnju na 4 ključne tačke:

1) Kvalitet zimskog održavanja zavisi od pravilne i blagovremene intervencije. Da bi se to ostvarilo moramo raspolagati sa tačnim, preciznim i ažurnim klimatskim uslovima sa čitave teritorije, koji bi nas upozoravali kada i na koji način treba intervenisati. Zbog toga bi trebali da počnemo sa korišćenjem savremenih uređaja za ažurno i tačno praćenje svih vremenskih uslova.
2) Pošto nismo vršili praćenje vremenskih prilika na isturenim, a značajnim mestima, isto moramo organizovati i pratiti.
3) Primena mokrog postupka na čišćenju puteva pokazalo se ekonomičnim i bezbednim u svim razvijenim evropskim zemljama. Trend porast saobraćaja se očekuje i kod nas, pa bi trebali da počnemo sa primenom ovog postupka.
4) Primeniti savremene sisteme koji se ugrađuju na vozilima, mašinama i priključnim sredstvima, a koji se već duže vremena koriste u zemljama sa razvijenom putnom mrežom. Ovi sistemi omogućavaju produktivnije i racionalnije korišćenje mehanizacije i posipnih materijala.
Sve ove novine koje bi se primenile dale bi nam veću sigurnost, bezbednost i bolju prohodnost puteva.

LITERATURA

[1] Savetovanje na temu „Tekuće Održavanje puteva“ - Mat.Banja 1979god.

[2] XIII Kongres, Saveza društva za puteve Jugoslavije - Oktobar 1990god.

[3] Savetovanje i iskustva pri održavanju i rekonstrukciji puteva-Kopaonik 1991god.

[4] Stanje putne mreže u Jugoslaviji – Kopaonik 1998god.

[5] Putna mreža Pešterske visoravni i planine Golije – Sjenica Jun 2009god.

[6] Pola veka na putevima, Novi Pazar 2012god.

ISKUSTVA U ODRŽAVANJU DRŽAVNIH PUTEVA NA TERTORIJI KOJU POKRIVA AD“NOVI PAZAR-PUT“

Ibrahim Škrijelj,dipl.građ.inž.
AD „Novi Pazar-put“, ibrahim.skrijelj@np-put.rs
Nermin Ljajić, građ.tehničar
AD „Novi Pazar – put“, nermin.ljajic@np-put.rs

Rezime: *Priča o aktivnostima preduzeća AD „Novi Pazar – put“ na održavanju puteva počinje davne 1962.godine kada se formiraju preduzeća za puteve i kada je ovom preduzeću povereno na održavanje 455 km puteva I ,II i III reda od kojih je samo 7km sa asfaltnim zastorom.*
U proteklim periodima menjale su se nadležnosti upravljanja i načini finansiranja, kategorije, dužine i izgrađenost putne mreže, ali se nije promenio značaj puta za život i egzistenciju područja kroz koja prolaze. Da bi putevi bili u funkciji moraju se održavati, kako u zimskom tako i u letnjem periodu.
Zbog specifičnih različitosti klimatskih uslova, terena i izgrađenosti putne mreže u zimskom periodu ne mogu se naći dve deonice sa istim potrebama i načinom organizovanja aktivnosti - područje Pešetri sa ekstremno niskim temperaturama, olujnim vetrovima i dužinom trajanja zimskih uslova, pristupni putevi zimskim turističkim centrima (Kopaonik,Golija i Goč).
U letnjem periodu uticaj klisura i neuređenih visokih kosina nameće obim i vrstu radova na uklanjanju osulinskih materijala kao i problem velikog uništavanja opreme i signalizacije na putevima.
Veliki broj objekata, tunela i zidova kao i aktivnih klizišta znatno otežavaju održavanje puteva u letnjem i u zimskom periodu i utiču na povećanu cenu rada.
Ovakvi uslovi i zahtevi korisnika obavezuju nas da nabavljamo adekvatnu mehanizaciju, i unapređujemo tehnologiju i iznalazimo najoptimalnija rešenja.

Ključne reči: *zimsko održavanje puteva, letnje održavanje, klimatski uslovi, terenski uslovi, izgrađenost putne mreže*

1. OPŠTE

Priča o putnoj mreži na ovom prostoru veoma je duga. Mereno vremenskom jedinicom to je na hiljade godina. Priča o aktivnostima ovog preduzeća na održavanju puteva počinje davne 1962.godine kada se formiraju preduzeća za puteve. Te godine našem preduzeću se na upravljanje daje 455 km puteva I, II i III reda od kojih je samo 7 km sa asfaltnim zastorom.
U periodu od 1962. do 1972.godine, u putnoj privredi Srbije se stvaraju novi društveno ekonomski odnosi gde se Zakonom umesto 5 osniva 7 preduzeća, ali dolazi i do naglog građenja i modernizacije postojeće putne mreže. Na našem području izvršena je modernizacija i izgradnja 391km puteva.
U maju 1976.god. na osnovu Zakona o putevima (Sl.“Glanik SRS“br.32/75 Skupština Srbije je donela odluku o utvrđivanju mreže magistralnih i regionalnih puteva. Ovom odlukom putevi I reda svrtani su u kategoriju magistralnih puteva a putevi II i III reda u kategoriju regionalnih puteva. Ukupna dužina 5 magistralnih putnih pravaca iznosila je 184 km a ukupna dužina 19 regionalnih puteva 698+476 km odnosno ukupna dužima M+R puteva Iznosila je 882+467 km.
Ovakva kategorizacija putne mreže zadržala se do avgusta 1978.godine,kada je utvrđena nova mreža magistralni i regionalnih puteva.Novom kategorizacijom povećala se dužina magistralnih puteva sa 184 na 319+500 km,a smanjuje se dužina regionalnih puteva sa 698+467 na 609+168 km. Ukupna dužina mreže magistralnih i regionalnih puteva tada je iznosila 929 km
Uredbom Vlade Republike Srbije (Sl.Glasnik RS br.14/2012.god.od 27.02.2012.godine izvršena je kategorizacija državnih puteva I i II reda na teritoriji Republike. Ovom Uredbom se smanjuje dužina državnih puteva I i II reda sa 929 km na 419 ili 45% od ukupne dužine. Negativni efekti primene Uredbe su vidini na celoj putnoj mreži koja je izuzeta i preneta na održavanje lokalnim upravama. Ovakav uticaj je naročito izražen upravo na onim područjima na kojima nisu urađeni ili modernizovani putevi. Izgradnja i modernizacija puteva na ovim prostorima kasnila je u odnosu na modernizaciju putne mreže u Republici Srbiji.

Tabla br.1: Pregled stanja putne mreže 1962 - 2013 nakon Uredbi o kategorizaciji

Kat.puta	Godina	Savremeni kolovoz (km)	%	Tucanik (km)	%	Zemlja (km)	%	Neproeseceni (km)	%	Ukupno (km)	%
I reda	1962	7	4	151	96					158	100
	2011	263	87	3	1			37	12	303	100
	2012	316	100							316	100
	2013	315	100							315	100
II reda	1962			170	57	93	31	34	12		100
	2011	419	67	118	19	68	11	21	3	626	100
	2012	103	100							103	100
	2013	407	75	115	21	22	4			544	100
UKUPNO	1962	7	4	321	70	93	20	34	6	158	100
	2011	682	73	121	13	68	8	58	6	929	100
	2012	419	100	0		0		0		419	100
	2013	722	84	115	13	22	3	0		859	100

U proteklim periodima menjale su se nadležnosti upravljanja i načini finansiranja, kategorije, dužine i izgrađenost putne mreže, ali se nije promenio značaj puta za život i egzistenciju područja kroz koja prolaze.

Sa saobraćajno – geografskog i prostorno – funkcionalnog gledišta područje gradova Kraljevo i Novi Pazar, i opština Raška, Tutin i Sjenica koje svojom delatnošću pokriva AD"NOVI PAZAR-PUT" predstavlja posebnu regionalnu celinu u sastavu Republike Srbije. Ova prostorna celina odlikuje se planinsko-kotlinskim reljefom, umereno-kontinentalnom klimom u nižim i sub-planinskom i planinskom klimom u višim predelima. Ukupna površina pripadajućih opština iznosi 4.738 km2.
Poznavanje fizičko–geografskih elemenata područja putne mreže koju održava AD "NOVI PAZAR-PUT" neophodno je iz razloga što na izgradnju i održavanje puteva utiču i prirodno geografski faktori čiji je uticaj znatno veći u planinskim nego u ravničarskim predelima. U celini gledano, područje putne mreže AD"NOVI PAZAR-PUT" je planinskog karaktera.
Održavanje puteva možemo definisati kao skup aktivnosti i radova koji se preduzimaju na putnoj mreži ili na pojedinim deonicama puta, u cilju obezbeđenja prohodnosti, očuvanja, obnove i poboljšanja tehničkog stanja javnih puteva I i II reda, putnih objekata i saobraćajne signalizacije i opreme pri svim vremenskim uslovima i periodima. Što je izgrađenost puta bolja to su potrebe za ulaganjima na njegovom održavanju manje.
Vrsta i način održavanja puteva su različiti, jer se ono vrši u zimskom i letnjem periodu ali su raziičite potrebe za angažovanjem različitih resursa.

2. **ZIMSKO ODRŽAVANJE**

Ako pođemo od definicije koja je najbliža realnim zahtevima i obavezama, da je zimsko održavanje skup aktivnosti sa ciljem obezbeđenja prohodnosti i bezbednosti odvijanja saobraćaja na putevima pri karakterističnim pojavama većih količina padavina snega, leda i klizavosti kolovoza, neophodno je maksimalno i racionalno iskoristiti sve raspoložive resurse.Staviti ih u funkciju otklanjanja ili ublažavanja posledica uzrokovanim ovim pojavama.
Normalno je da nastankom potreba za otklanjanjem smetnji po bezbednost saobraćaja nećemo na svim putevima izbaciti svu raspoloživu mehanizaciju, angažovati ljudstvo i upotrebiti posipne materijale.
Odgovoriti zahtevima korisnika puteva, pružiti zahtevani nivo usluga jedino je moguće pravilnim i sveobuhvatnim planiranjem aktivnosti.
Da bi pravilno planirali odgovarajuća sredstva za čišćenje snega i posipanje posipnih materijala neophodno je da poznajemo putnu mrežu, hidrometeorološke uslove koji su prisutni na tom prostoru a to znači da se moramo oslanjati na stečena iskustva koja smo prenosili putem raznih izveštaja - ZAPISA. Teško je uraditi dobar plan angažovanja određenih sredstava ako nismo dovoljno upoznati sa svim specifičnostima koje karakterišu tu deonicu ili područje. Znamo da postoje različitosti od deonice do deonice istog putnog pravca,

a isto znamo da dva punkta ne mogu da imaju iste zahteve, pa zato planiramo angažovanje sredstava rada adekvatna za uslove na tom punktu.
Iako su klimatski uslovi na područjima Pešteri i Kopaonika slični, zahtevi i mogućnosti održavanja su različiti. Područje Pešteri karakterišu ekstremno niske temperature, olujni i orkanski vetrovi i veća dužina trajanja zimskih uslova,dok na području Kopaonika dodatni problem je parkiranje vozila na kolovozu, što nameće potrebu za odnošenjem snega na deponije i to sa intervencijama u toku noći.

Slika 1. *Zimsko održavanje puteva na Kopaoniku*





U klisurama i visokim zasecima svakodnevne su pojave odrona i osulina sa kosina na kolovozu, što predstavlja veliku opasnost za saobraćaj. Na osnovu potreba za različitim pozicaijama zimsko održavanje nije samo čišćenje kolovoza od snega, snežnih nanosa ili sprečavanje nastanka poledice i klizavosti kolovoza.
Neminovno je da se **PLAN ZIMSKE SLUŽBE** radi na osnovu stvarnih potreba. Operativnim planovima definiše se :broj punktova, dužina deonica putnih pravaca koje održava taj punkt, broj i vrsta sredstava rada broj izvršioca poslova kao i neophodne količine posipnih materijala.
Pred nama nije samo obaveza da našim uslugama zadovoljimo zahteve korisnika već je ista obaveza da uradimo funkcionalan plan koji će odgovoriti i zahtevu racionalne cene koštanja zimskog održavanja puteva. Dosadašnja iskustva pokazuju da kvalitetno i blagovremeno održavanje na području koje mi pokrivamo može da se postigne angažovanjem sledećeg broja sredstava rada.

Tabla br.2: Broj angažovanih sredstava rada za zimsko održavanje

Red.br.	Sredstvo rada	Broj angažovanjih sredstava
1	Kamioni sa plugovima	22
2	Rotacioni posipači	5
3	Vučeni posipači	17
4	Putarska vozila za vršenje manih intervencija i obilazaka	8
5	Kombinirke sa Plugovima za sneg	5
6	Kombinirka sa frezom	1
7	Snegočitač sa frezom „Beter“	1
8	Unimog sa frezom	1
9	Snegočistač“ ZIL“ sa frezom	1
10	Auto grejder	2
11	Utovarivači	9

Sve intervencije na putevima kao i broj angažovanja resursa definišu se posebnim nalozima za stepen angažovanja, što nameće obavezu za brzim reagovanjem, kako kod smanjenja tako i kod uvećanja broja sredstava.
Raspored sredstava rada po punktovima i stepenima pripravnosti prikazan je u tabeli br.3 gde se tačno utvrđuje broj sredstava kao i broj smena. Nije nam cilj da angažujemo veći broj kamiona da bi došli do okvirnih dužina deonica koju održava jedan kamion, već smo angažovanjem jednog kamiona u dve ili tri smeno po 8 h smanjili cenu koštanja za iznos cene kamiona sa amortizacijom. Okvirna dužina puta za jedan kamion kreće se 15-30 km, dok je prosečna dužina puta za naše angažovanje 33 km.
Neodrživ je pristup primene stepeni angažovanja matematičkom računicom. Ako računicom dimenzionišemo broj sredstava rada tako što ćemo utvrđeni broj vozila za 100% pripravnosti (IV.stepen) podeliti sa 4 i prebaciti ih na 25% (I stepen) - u našem slučaju broj od 22 kamiona u IV stepenu za I stepen bio bi 5,5 kamiona. Ovim brojem kamiona ne bi mogli da vršimo intervencije na preostala 3,5 punkta. Ovakav postupak se mnogo više negativno odražava kada je nalog za angažovanjem u III. stepenu.75%.

Tabele br.3: Pregled angažovanja mehanizacije i radne snage po stepenima angažovanosti za 2013/2014g.

		IV stepen 100%								III stepen 75%								II stepen 50%								I stepen 25%							
	Planir	VOZILA			IVEKO			putari		VOZILA			IVEKO			putari		VOZILA			IVEKO		uku	putari		VOZILA			IVEKO		uku	putari	
Punkt	ana vozila	2 X 8	1 X 8	svega h	1 X 8	sveg a h	ukup no h	br.pu tara	čas ova	2 X 8	1 X 8	sveg a h	1 X 8	sve ga h	ukup no h	br.pu tara	čas ova	2 X 8	1 X 8	sve ga h	1 X 8	sve ga h	pno h	br.pu tara	čas ova	2 X 8	1 X 8	sve ga h	2 X 8	1 X 8	sve ga h	pno h	br.pu tara	čas ova
Kraljevo	4	3	2	64	1	8	72	8	64	2	2	48	1	8	56	7	56	1	2	32	1	8	40	6	48		2	16		1	8	24	4	32
Ušće	2	2		32	1	16	48	6	48	1	1	24	1	16	40	6	48		2	16	1	16	32	4	32		1	8	1		16	24	4	32
Raška	4	2	2	48	1	8	56	8	64	1	2	32	1	8	48	7	56	1	1	24	1	8	31	5	40		1	8		1	8	16	4	32
Kopaonik	2	2		32			32	6	48	1	1	24			24	5	40		2	16			16	4	32		1	8				8	2	16
N.Pazar	4	3	2	64	1	16	80	8	64	2	2	48	1	16	64	7	56	1	2	32	1	8	40	6	48		2	16		1	8	24	4	32
Sjenica	2	2	1	40	1	8	48	6	48	1	2	32	1	8	40	6	48		2	16	1	8	24	5	40		1	8		1	8	16	4	32
D.Poljana	1	1	1	24			24	4	32	1		16			16	4	32	1		16			16	4	32		1	8				8	2	16
Tutin	2	1	1	24	1	8	32	6	48	1	1	24	1	8	32	6	48		2	16	1	8	24	5	40		1	8		1	8	16	4	32
Ribariće	1	1	1	24	1	8	32	6	48	1		16	1	8	24	5	40		1	8	1	16	24	4	32		1	8	1		16	24	4	32
svega:	22	17	10	352	7	72	424	58	464	11	11	264	7	72	344	53	424	4	14	176	7	72	247	43	344	0	11	88	2	5	72	160	32	256

U tabelarnom prikazu angažovanja mehanizacije i ljudstva po punktovima za sva četiri stepena vidi se tačno određeni broj sredstava sa angažovanim radom u smenama. Kod sva četiri stepena predviđeno je da na svih **devet punktova** angažujemo sredstva rada zavisno od broja smena, ali da naše prisustvo bude svih 24 sata u toku dana.
Ispravnost ovakvog pristupa planiranju a i angažovanju potvrdile su činjenice da su putevi koje mi održavamo bili u finkciji namene i pod nepovoljnim uslovima u 2012.god. kada je u Republici Srbiji bilo proglašeno vanredno stanje zbog elementarne nepogode. Efekti su postignuti upravo zbog prisustva na punktovima kao i na vreme preduzetim aktivnostima.

Ozbiljne poteškoće u održavanju puteva u zimskim uslovima pričinjava i utvrđena kategorizacija putne mreže po prioritetima putnih pravaca. Podela putne mreže po prioritetima održavanja sa zahtevanim nivom usluga urađena je davne 1992.godine kada je izgrađenost puteva bila nepovoljnija u odnosu na sadašnje stanje, kao i znatno manje saobraćajno opterećenje. Izraženost problema utvrđenih prioriteta pojedinih putnih pravaca je kod upotrebe i primene posipnih materijala za sprečavanje formiranja poledice i klizavosti na kolovozu. Utvrđeni nivo usluge za puteve II prioriteta ne zahteva upotrebu putne soli već se koristi samo rizla. Kako klizavost na površini kolovoza može da uzrokuje izmaglica, inje, kondezacija vazduha bez obzira što nije bilo snežnih padavina ili utabanog snega efekti kamene drobine su bez rezultata jer se na **crnom** kolovozu isti ne zadržava. Izvršene su intervencije, utrošen efektivni rad i rasuta kamena drobina što ima svoju cenu ali bez očekivanog efekta. Obzirom da je veći deo puteva na brdsko planinskim terenima sa usponima i do 18%, u klisurama sa izraženim strujanjima i dnevnim oscilacijama temperatura sprečiti nastanak poledice klizavosti nije moguće bez upotrebe hemijskih sredstava.

Planiranje potrebnih količina posipnih materijala vršimo na osnovu traženog nivoa usluga maksimalno se koristeći stečenim iskustvima i evidentiranim podacima iz ranijih perioda. Značajno je naglasiti da se svakodnevnim praćenjem potrošnje posipnih materijala po punktovima utiče na racionalizaciju, ali ne na uštrb bezbednog odvijanja saobraćaja. Ovakvi uslovi i zahtevi korisnika obavezuju nas da zimsko održavanje puteva bude u prvom prioritetu naših aktivnosti,jer nemamo pravo da svojim ne činjenjem ili pogrešnim pristupima budemo uzročnici prekida saobraćaja ili nastanka udesa sa nesagledivim posledicama.
Svaka godina rada na putevima pod najnepovoljnijim vremenskim uslovima uticala je da se maksimalno posvećujemo iznalaženju najoptimalnijih i ekonomičnih rešenja,unapređujemo tehnologiju, i povećavamo nivo bezbednosti. Zato je potrebno razumevanje da se sve aktivnosti prilagode potrebama vremena u kojem se nalazimo.

3. LETNJE ODRŽAVANJE

U periodima ograničenog i minimalnog ulaganja u puteve modernizacija putne mreže vršena je po postojećem stanju sa nedovoljnim debljinama kolovozne konstrukcije (najčešće bez završnog sloja asfalt betona) što je zbog klimatskih uslova na ovim područjima i povećanog saobraćaja uticalo na brže propadanje ovako modernizovanih deonica puteva. Da bi svi putevi bili u funkciji namene neophodno je i njihovo održavanje.
Zavisno od vrste aktivnosti i radova prema Zakonu o putevima održavanje može biti:
1. Redovno-letnje
2. Periodično
3. Urgentno

Skup aktivnosti i radova koji se preduzimaju na putnoj mreži ili na pojedinim deonicama puta, u cilju obezbeđenja prohodnosti, očuvanja, obnove i poboljšanja tehničkog stanja javnih puteva, putnih objekata i saobraćajne signalizacije i opreme puta u periodu od kraja marta do sredine novembra predstavlja održavanje u letnjem periodu.
Letnje održavanje je definisano pozicijama radova koje se izvode na:

- Održavanju trupa puta
- Održavanju objekata za odvodnjavanje
- Održavanje kolovoza
- Održavanje objekata
- Održavanje signalizacije i opreme puta.

3.1. ODRŽAVANJE TRUPA PUTA

Na kvalitet održavanja puteva pored izgrađenosti putne mreže znatno utiče konfiguracija terena, klimatski uslovi kao i geografski položaj trase. Trase puteva su položene u klisurama sa visokim i neuređenim kosinama a i geološki nestabilnim terenima što utiče na pojave osulinskih materijala i klizišta. Ukupan broj registrovanjih aktivnih klizišta gde je ugrožena bezbednost saobračaja na ovoj putnoj mreži iznosi 45. Broj oštećenja kolovoza u zoni klizišta je izražen na državnom putu II A-203 (R-118/a) deonica Novi Pazar-Tutin dužine l= 28+000 km gde je do danas registrovano 28 klizišta od kojih je sanirano 8.
Sa neuređenih i nedovoljno zaštićenih visokih kosina izražene su pojave osulinskih materijala i odrona stenskih masa koje ugrožavaju saobraćaj. Ove pojave su izražene u zimskom periodu kod dnevnih oscilacija temperatura kao i za vreme kišnih perioda.
Vredno je napomenuti pojave pokretanja velikih stenskih masa na putu IB-22 deonica Kraljevo –Raška gde je bio zatvoren put na km 400+000 Vujića česma i na km 400+379 (Demeronje) kao i na putu IB-30 (R-116) na km 17+400 klizište“ Ralenoviće“. Na oba putna pravca stenske mase su pored puta, ugozile i korita reka Ibra i Studenice.



Slika br.2: *km 400+000 Vujića česma*



Slika br. 3: *km 400+379 „Demeronje“*



Slika br.4: *Klizište „Ralenoviće“ na km 17+400*

Za sanaciju odrona na putu R-116 primenjena su specifična tehnička rešenja izradom kamenih građevina gabiona sistemom „TERRAMESH“ u dužini od 480 m što je omogućilo da se ova građevina visine 17 m u vizuelnom pogledu izuzetno uklopi u okolni ambijent.
Za vreme rekonstrukcije puta IB-22 deonica Kraljevo-Biljanovac izvršena su kavanja kosina stenskih masa postavljeni montažni betonski elementi tipa „NEW JERSY“ sa zaštitnim čeličnim mrežama, čime je smanjen broj hitnih intervencija a znatno povećana bezbednost saobraćaja.

3.2. ODRŽAVANJE OBJEKATA ZA ODVODNJAVANJE

Pored ugroženosti saobraćaja osulinski materijali sa kosina zapunjavaju rigole čime se površinske vode razljevaju kolovozom i u zimskom periodu utiču na formiranje ledenih “JEZIKA“ predstavlajjući veliku opasnost za saobraćaj. Dužina rigola na državnim putevima I reda po putnim pravcima iznosi:

Tabla br.3: Dužina rigola na putevima I reda

Red.br.	Broj puta	Deonica puta	dužina deonice km	dužina rigole km	%
1	IA-5 /IB-23	Adrani-Kraljevo-Vraneši	21,052	3,5	16,63
2	IB-21	Javor-Sjenica	26,228	15,165	57,82
3	IB-22	Kraljevo-Ribariće –Crna Gora	145,391	106,699	73,39
4	IB-32	Aljinovići-Sjenica-Novi Pazar	73,771	18,184	24,65
5	IB-30	Ušće-Mlanča	27,052	25,2	93,15
6	IB-31	Raška-Jarinje	11,253	4,42	39,28
7	Put IB-32	Ribariće –Kosovska Mitrovica	10,253	8,065	78,66
8	UKUPNO:		315,000	181,233	57,53

Ovaj podatak ističemo zbog značaja da se sredstva za redovno održavanje puteva ne mogu određivati na osnovu dužine pute po 1km već se moraju sagledati sve okolnosti i uticaji koji definišu neophodna finansijska sredstava za otklanjanje uzročnika ugrožene bezbednosti.
U finansijskom opterećenju puteva sa osulinskim materijalima u odnosu na ravničarske terene izgledalo bi:
Da se samo jednom godišnje očiste rigole na putevima I reda po važećem cenovniku potrebno je 181233 m x 79,39 = 14.388.087,00 dinara.Normalno je da se za ovaj iznos umanjuje realizacija drugih isto tako nužnih pozicija radova.

3.3. ODRŽAVANJE KOLOVOZA

Po najnovijoj Uredbi Vlade Republike Srbije ukupna dužina puteva I i II reda je 859+387km od koje je 729+843k sa asfaltnim kolovozom ili 84% dok je 129+544 km ili 16% sa tucaničkim ili zemljanim kolovozom. Nivo izgrađenih puteva sa asfaltnim kolovozom je dosta ispod nivoa izgrađenosti putne mreže na nivou Republike.

3.3.1. PUTEVI SA ASFALTNIM KOLOVOZOM

Od ukupne dužine puteva 729+843 km sa asfaltnim kolovozom 433+922km li 60% je rekonstruisano i stanje je zadovoljavajuće, dok je stanje na preostalih 295+921 km li 40% dužine takvo da se na njima manifestuju tri nivoa oštećenja (mala,srednja i velika).
Unapređujući tehnologiju rada primenom savremenih sredstava sanaciju oštećenih površina kolovoza vršimo isključivo mašinskom obradom i ugradnjom asfaltne mase. Obrada oštećenja vrši se glodalicama b=0,5m i b=1,00m što zavisi od vrste i površine. Sanaciju (krpljenje) vršimo mašinskom ugradnjom gde se dnevni učinak kreće od 1.000-1.200m2, odnosno oko 120 tona asfaltne mase.





Slike 5 i 6 : *Stanje kolovoza puta II reda IIA 203 Pazarište – Tutin*

3.3.2. PUTEVI SA TUCANIČKIM KOLOVOZOM

Radovi na održavanju tucaničkih kolovoza obuhvataju popravku (krpljenje, nasipanje i valjanje) kamenih materijala. Isključivo se sve aktivnosti sprovode mašinskim radom. Trase puta su sa velikim usponima. Dužina trajanja saniranih oštećenja je zavisna od vremenskih prilika. Za vreme kišnih dana ugrađeni materijali se brzo odnose sa površine puta.

3.4. ODRŽAVANJE OBJEKATA

Kako naši putevi većim delom prolaze preko brdsko–planinskih terena na njima su izgrađeni mostovi, vijadukti i tuneli, kojima su premošćavane uvale, reke i potoci. Ukupan broj mostova je 137 u dužini od 4.286 metara,od kojih je 134 betonskih,1 čelični,1 kameni i 1 drveni most. Na kontinentalnom delu Jadranske magistrale (M-2) ima 12 mostova dužine 1.240 metara. Većina ovih mostova je u lošem stanju. Ne može se zanemariti činjenica da na ovom putnom pravcu postoji potreba za hitnom sanacijom mosta „Mehov krš“ kao i projektovanje i izgradnja mosta u Jezgrovićima na deonici Ribariće-Kosovska Mitrovica, porušenog za vreme NATO bombardovanja 1999.godine. Ozbiljan problem za odvijanje saobraćaja i bezbednost učesnika je prisutan na državnom putu IB-29 (M-8) na deonici Sjenica-Uvac zbog oštećenja mosta preko reke Uvac i na deonici Sjenica-Duga Poljana zbog mosta na reci Vapa koji se nalazi u evidenciji „CRNIH TAČAKA“.



Sl.7 *Porušeni most „Jezgroviće“*

Tunela ima 8 ukupne dužine 910 metara, gde je 7 na putu IB-22 (M-2) Ribariće-granica sa Crnom Gorom u dužini od 691 m a jedan je na deonici puta Novi Pazar-Ribariće IB-22 u dužini od 219 metara. Stanje tunela je iz godine u godinu lošije pa je neophodno izvršiti detaljne preglede i ustanoviti stepen i vrstu oštećenja, uraditi određenu projektnu dokumentaciju čijoj realizaciji treba pristupiti u najskorije vreme.





Slike 8 i 9 *Tuneli na putu IB – 22 Jadranska magistrala*

3.5. ODRŽAVANJE SIGNALIZACIJE I OPREME PUTA.

Neminovno je da bezbednost učesnika u saobraćaju zavisi i od kvalitetno urađene, postavljene i dobro održavane saobraćajne signalizacije i opreme na putu. Činjenica je da se pored neprimerenog ponašanja okoline prema signalima i opremi sa masovnim uništavanjem i odnošenjem, određene količine unište i prilikom pojava odrona i ručeva kamenja sa kosina. Dužina trajanja signala. smerokaza kao i zaštitne ograde na putu je znatno manja na deonicama u klisurama, što zahteva i veća ulaganja za obnavljanje u odnosu na deonice u ravničarskim terenima.



4. ULAGANJA U ODRŽAVANJE PUTNE MREŽE

Obim i vrstu radova na redovnom – letnjem održavanju puteva definiše stanje puta i putnih objekata ali je realizacija uslovljena raspoloživim finansijskim sredstvima. Činjenica je da sredstava za redovno održavanje nije bilo kako bi se realizovali svi neophodni radovi, što je uticalo i na brže propadanje pojedinih deonica.
Kada posmatramo period od 2006. do 2011. godine možemo zaključiti da raspodela finansijskih sredstava za redovno održavanje ne odgovara zahtevima kvalitetnog i blagovremenog održavanja mreže državnih puteva I i II reda. Ovo se vidi iz tabele za periodod 2007. do 2011..godine. U ovom periodu realna ulaganja koja su mogla da obezbede održavanje puteva sa zahtevanim nivoom bila su u 2008.godini, dok su u 2010. godini sredstva znatno umanjena i manja su za 41 % od sredstava realizovanih u 2008 godini.

Tabla br.4: pregled ulaganja za period 2007-2011.god.

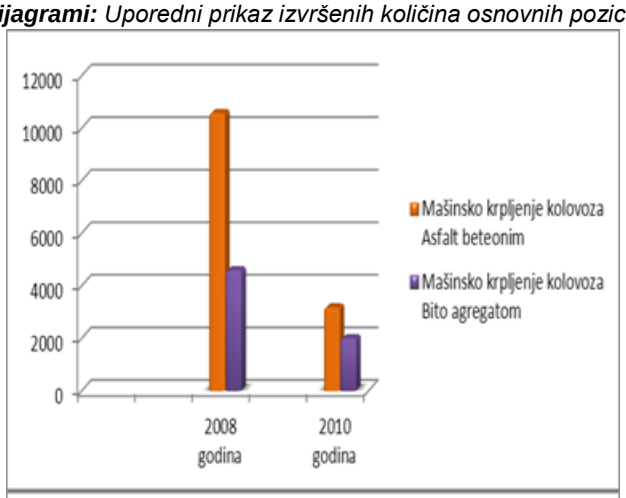
R.broj	GODINA	UKUPNO	%	Magistralni putevi	%	Regionalni putevi	%
1	2007	229.550.254,00	18	134.330.648,00	19	95.219.606,00	16
2	**2008**	**347.159.122,00**	**27**	**167.646.470,00**	**24**	**179.512.652,00**	**30**
3	2009	265.039.948,00	20	144.688.892,00	20	120.351.056,00	20
4	2010	204.160.742,00	16	114.915.143,00	16	89.245.599,00	15
5	2011	260.591.459,00	19	148.925.075,00	21	111.666.384,00	19
UKUPNO		**1.306.501.525,00**	**100**	**710.506.228,00**	**100**	**595.995.297,00**	**100**
Prosečno ulaganje		261.100.000,00		142.101.240,00		118.998.760,00	
		2008 .godina		2010.godina		% 2010/2008	
		347.159.122,00		204.160.742,00		59%	

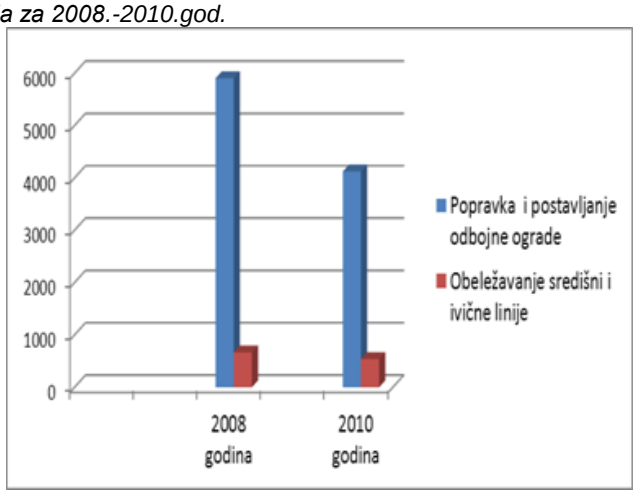
Poznavanje stanja puteva i zahtevi za otklanjanjem određenih nedostataka i smetnji za bezbedno odvijanje saobraćaja utiču na raspodelu finansijskih sredstava po vrstama i grupama radova. Na redovnom održavanju ne postoje pozicije radova koje bi mogli zanemariti jer svaka ima svoje značenje i učešće, ali ograničavanje sredstava utiče na obim realizacije. Ovo se može videti poređenjem izvršenih količina osnovnih pozicija u 2008. i 2010.godini.

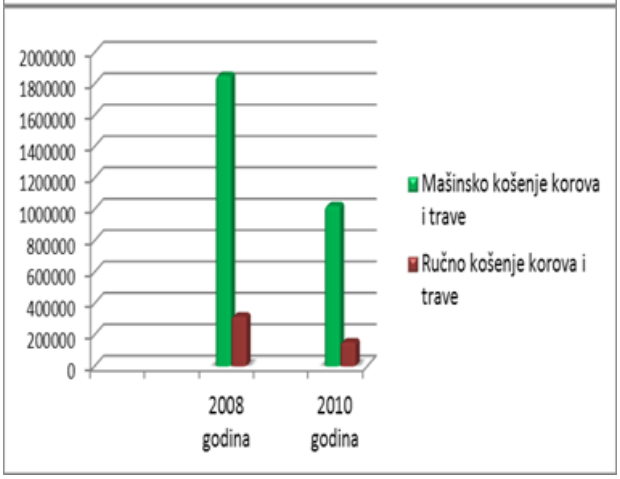
Tabla br.5:Pregled izvršenih količina po osnovnim pozicijama

Red.broj	POZICIJA POSLA	j.m .	2008 godina	2010 godina	% 2010/2008
1	Mašinsko košenje korova i trave	m2	1.853.485	1.024.431	55
2	Ručno košenje korova i trave	m2	319.543	155.664	49
3	Priprema kolovoza za mašinsko krpljenje asfaltnog kolovoza	m2	136862	49071	36
4	Mašinsko krpljenje kolovoza Asfalt beteonim	t	10583	3179	30
5	Mašinsko krpljenje kolovoza Bito agregatom	t	4597	2012	44
6	Obnova tucaničkog zastora	m3	9186	6716	73
7	Popravka i postavljanje odbojne ograde	m1	5902	4122	70
8	Obeležavanje središnje i ivične linije	km	666	538	81

Dijagrami: *Uporedni prikaz izvršenih količina osnovnih pozicija za 2008.-2010.god.*







Shvatajući značaj puteva smatramo da su oni naše bogatstvo i iznalazimo najpovoljnija rešenja za očuvanje njihove upotrebne vrednosti. Sredstvima namenjenih za letnje održavanje puteva od 2007. do 2011. godine kvalitetno smo izvršili sanaciju oštećenih površina asfaltnih kolovoza i na njima ugradili završni sloj asfalt betona d = 4 cm u dužini od 25,15 km gde je realizacija po godinama.

- 2008. god. 15,89 km
- 2009. god . 7,12 km
- 2010. god. 0,00 km
- 2011. god. 2,15 km

Neizgrađeni ili nedovršeni putevi zahtevaju veću realizaciju pozicija radova koje utiču na bezbednost i prohodnost (sanacija kolovoza,održavanje objekata za površinsko odvodnjavanje kao i uklanjanje osulinskih materijala i ručeva). Sve ove aktivnosti utiču i na uvećanu vrednost radova u odnosu na potrebe na modernizovanim i uređenim saobraćajnicama. Zato je neophodno ubrzati sa radovima na izgradnji i modernizaciji putne mreže ili obezbediti neophodna sredstva za njihovo kvalitetno održavanje.

5. ZAKLJUČCI

1. Nepovoljan odnos učešća trasa puteva po kritrijumu vrsta terena na kojima su položene trase puteva I i II reda (brdoviti i planinski), zahteva primenu specifičnih tehničko - tehnoloških rešenja za održavanje puteva;
2. Potrebno je ustaljeno i kontinualno angažovanje finansijskih sredstava za održavanje puteva I i II reda na ovom području i ono je opravdano veće po 1 km puta u odnosu na prosek u Srbiji, zbog geoloških karakteristika terena kroz koje su položene trase puteva, gde su registrovane pojave obimnih odrona materijala i veći broj klizišta, kao i znatan broj i dužina objekata (mostova i tunela) na putevima I i II reda koje održavamo;

3. Karakteristike zimskog održavanja puteva I i II reda na ovom području (Kopaonik, Golija, Pešter i Goč) definisane su : položajem trasa puteva u odnosu na teren, vrstom i geološkim karakteristikama terena, nivoom izgrađenosti i stanjem putne mreže odnosno hidrometeorološkim uslovima koji vladaju na pomenutim područjima;
4. Poslovnom politikom AD“Novi Pazar-put“-a i opredeljenjem za ulaganjem u nova sredstva i tehnologije za održavanje puteva, uz neophodno razumevanje nadležnih republičkih institucija da se obezbede potrebna sredstva za ulaganje u puteve I i II reda na ovom prostoru stvoriće se uslovi povećanja bezbednog odvijanja saobraćaja na njima.

LITERATURA:

1. Savetovanje : Iskustva pri održavanju i rekonstrukciji puteva
2. Monografija : 45 godina postojanja i razvoja AD“Novi Pazar-Put“-a (1962-2007).Novi Pazar-mart 2007.godine
3. Prva međunarodna naučno-stručna konferencija: Zbornik radova „SAVREMENO ODRŽAVANJE PUTEVA“ Aranđelovac od 07 do 09.11. 2013.godine

SPECIAL SOLUTIONS FOR ROAD INFRASTRUCTURE – 10 YEARS OF ROMANIAN EXPERIENCE

Eugen Florescu – Holcim (Romania) SA, Technical Manager Infrastructure, eugen.florescu@holcim.com – corresponding author

Elena Lipan - Holcim (Romania) SA, Technical Center Manager, elena.lipan@holcim.com

Cristian Apostol - Holcim (Romania) SA, Construction Projects and Special Applications Manager, cristian.apostol@holcim.com

Abstract

Technical solutions for stabilizing both cohesive and non-cohesive soils using special hydraulic binders were first developed in Europe in the 1990's. The industry requirement for hydraulic binders that are both more efficient and more suited to the need of infrastructure works can be explained by two factors:

- In the case of cohesive soils, the need for a binder that annihilates the clay fraction while also improving the short term bearing capacity

- In the case of non-cohesive soils, the need for a binder that limits the effects of thermal cracking, an effect which is inherent in all hydraulic binders but preponderant in cement

Road hydraulic binders were first introduced in Romania in 2003, when Holcim proposed the use of Dorosol-Doroport products for the execution of various construction projects. This paper aims to describe a range of site studies (along with their correspondent laboratory studies) covering various projects: access roads and platforms for a wind farm (with emphasis on reducing the clay behavior of a cohesive soil), constructing the earthworks and capping layer for a highway project (a project in which the construction schedule was followed without delays due to the use of special hydraulic binders that improved the short-term bearing capacity) or cold recycling a severely damaged flexible pavement, using road hydraulic binders (with the main purposes of improving and homogenizing the bearing capacity characteristics). During their first 10 years of availability on the Romanian market, special solutions for stabilizing soils with the help of road hydraulic binders have been employed on more than 800 construction sites of various sizes. The resulting experience has allowed everyone in the industry (designers, constructors, clients and suppliers) to confirm the effectiveness of this technology, while also constantly improving it.

Key words: soil stabilization, hydraulic binder, bearing capacity, pavement recycling, road infrastructure

1. Introduction.

Technical solutions for stabilizing both cohesive and non-cohesive soils using special hydraulic binders were first developed in Europe in the 1990's. The industry requirement for hydraulic binders that are both more efficient and more suited to the need of infrastructure works can be explained by two factors:

- In the case of cohesive soils, the need for a binder that annihilates the clay fraction while also improving the short term bearing capacity

- In the case of non-cohesive soils, the need for a binder that limits the effects of thermal cracking, an effect which is inherent in all hydraulic binders but preponderant in cement

Special hydraulic binders (Dorosol range) used for cohesive soils stabilization and hydraulic road binders (Doroport range) used for non-cohesive soils stabilization were first introduced in Romania in 2003, when Holcim proposed them as a technical and economical solutions for the execution of various construction projects

2. Case study: Access roads for a wind farm

The installed capacity of wind energy in Romania has seen a 94% increase in 2013 compared to the previous year, thus placing Romania as 5th best in Europe in terms of last year's installed capacity. The EU legislation on the renewable energy industry and, more specifically, the 2009/28/CE directive concerning the development of renewable energy in the internal market imposed a minimum target of 20% renewable energy out of the gross consumption, due until 2020. Romania has a target of 24% renewable energy out of the total energy consumption, due until 2020. There are more than 30 operational windfarms at the moment in Romania, totaling over 1200 wind turbines.

The specific requirements imposed on the construction of access roads for wind farms are generated by the specific type of traffic, therefore:

- The traffic during the construction phase consists of special vehicles, with a large number of axels and with low ground clearance, vehicles that are able to transport special elements for the turbines, but also all necessary materials (concrete, aggregates…) – photo 1



Photo 1 – Industrial traffic on an access road for a wind farm

- In order to optimize construction costs, the pavement should be built as efficiently as possible, therefore ensuring an immediate bearing capacity index for the capping layer represents an absolute priority

The wind farm complex in Fântânele (south-eastern Romania) was constructed by Viarom Construct between 2009-2011. The project involved the assembly of 139 wind turbines over 10 km^2, with the help of a special crane which weighed 600 tons and had an 120 m long boom. Considering the magnitude of these works, it is clear that the strict requirements for the bearing capacity and planarity of the platforms and access roads are governing conditions for the whole project. In order to meet these strict requirements, the contractor performed an on-site stabilization of 450,000 m^2 using the Dorosol C30 binder, manufactured and supplied by Holcim (Romania). The thickness of the on-site stabilized layer ranged between 20 and 45 cm.

Laboratory studies highlighted the existence of a clay powder, with the following compaction characteristics: w_{opt} = 18% și ρ_{dmax} = 1.766 g/cm^3.

After mixing the soil with 3% Dorosol C30 binder, cylinder compression resistances have been observed as follows:

R_{c7} = 1N/mm^2 (specified range 0.8 …1.2 N/mm^2)

R_{c28} = 2.82 N/mm^2 (specified range 1.2…2.2 N/mm^2)

The above values suggest that the condition for 7 day resistance compression has been met, and that the 28 day resistance value has been exceeded by 30%. This underlines an essential characteristic of binder stabilized cohesive soils, the constant increase of mechanical resistance with respect to time, which improves the operational safety of that certain layer.

Regarding the bearing capacity resulting from the characteristic deflection, 48 hours after construction, the determined value was 151 (0.01 mm), smaller than the maximum acceptable value, 200 (0.01 mm). The short time needed in order for the layer to meet its required bearing capacity allowed for faster construction of the next layer of the pavement, resulting in shorter overall construction time and lower construction costs. Even more important, the Coefficient of Variation CoV for the measured deflections had a value of 15% (compared to the maximum acceptable value of 30%), suggesting a very homogeneous bearing capacity for the layer.

3. Case study: Capping Layer for a Highway Project

Due to characteristics strictly related to the longitudinal and transversal geometry (footprint width over 25 m, embankment heights often larger than 3 m, limited longitudinal slopes, large radiuses of alignment connections), highway projects involve mobilizing and compacting large volumes of cohesive soils, in the order of millions of cubic meters. On the other hand, the linearity of the construction project makes it extremely vulnerable to unexpected meteorological events, which can lead to considerable delays and financial penalties. In order to minimize this risk, contractors carry out works to stabilize the cohesive soils.

Such an example is represented by the Lugoj-Deva highway construction site (south-western Romania), first sector (27.460 km), constructed in 2011-2013 by the consortium Tirrena Scavi-Condotte-Cossi. The capping layer for this project was made out of in-situ stabilized cohesive soil, using the Dorosol C30 special binder.

Laboratory studies indicated the presence of a sandy clay, with the following compaction characteristics:

w_{opt} = 15% și ρ_{dmax} = 1.716 g/cm^3.

In order to determine the optimum binder content, the 28 day resistance of cylindrical specimens has been analyzed. The results of this studies are presented in the table below:

#	Dorosol C30 Dosage %	R_{c7}, N/mm^2	R_{c28}, N/mm^2
1	2.0	0.6	0.8
2	2.5	0.7	1.1
3	3.0	0.8	1.3
4	3.5	1.0	1.7

Based on the laboratory results, the contractor decided to build experimental sectors with 3% and 3.5% Dorosol C30 dosages. The experimental sectors were required in order to confirm the laboratory results (by checking the

bearing capacity of the capping layer by measuring the Benkelmann characteristic deflection) and also in order to decide on the type of compaction plant. The operations performed on the experimental sector are as follows:

- After unloading the material, the earth was leveled into a 30 cm layer using a grader
- The moisture content of the material was determined. Water spread over the areas where the moisture content was more than 1% below the optimum moisture content
- The Dorosol C30 binder was spread, with binder proportion checks being performed





Photos 2, 3 – Dorosol C30 being spread and binder proportion checks being performed

- The binder was mixed with the capping layer using a road recycler
- The capping layer was compacted into three distinct sectors, according to the scheme presented below





Photo 4,5 – Mixing process between Dorosol binder and soil, and the compaction process of the capping layer

Two experimental sectors have been built, with different binder proportions (3.0% and 3.5%). Each of the two sectors was split into three sub-sections with different compaction processes.

The capping layer was sampled in order for cylindrical specimens to be molded. The cylindrical specimens were to be used in 7 and 28 day compression resistance tests.

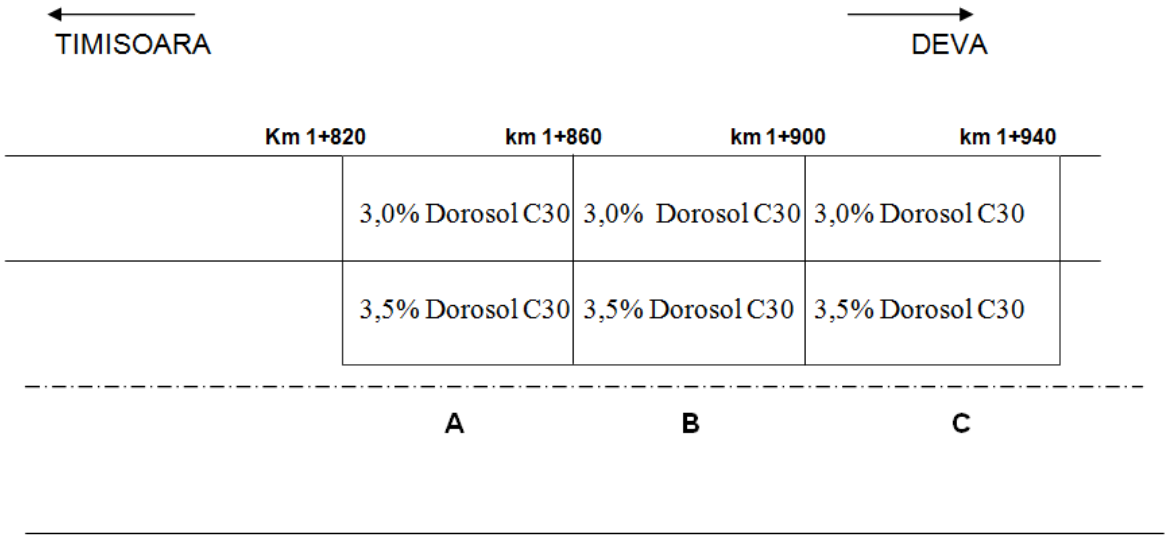


Photo 6 – Experimental sector layout (Capping layer stabilized with Dorosol)

For section A the compaction process consisted of: one pass of 15 tons roller- high vibration, two passes of 18 tons roller – low vibration, and one pass of 18 tons roller – no vibration. This resulted in a compaction index of 94.2-95.0% and a bearing capacity based on the Benkelmann characteristic deflection dc=223 (0.01 mm).

For section B the compaction process consisted of: two passes of 15 tons roller – high vibration, two passes of 18 tons roller – low vibration, and one pass of 18 tons roller – no vibration. This resulted in a compaction index of 96.3-97.2% and a bearing capacity based on the Benkelmann characteristic deflection dc=185 (0.01 mm).

For section C the compaction process consisted of: three passes of 15 tons roller – high vibration, two passes of 18 tons roller – low vibration, and one pass of 18 tons roller – no vibration. This resulted in a compaction index of 99.1-100.7% and a bearing capacity based on the Benkelmann characteristic deflection dc=155 (0.01 mm).

Based on the laboratory results and the results from the experimental sectors, the decision was made to use a 3.5% Dorosol C30 dosage for the capping layer for the entirety of the project, coupled with the compaction scheme used in section C. Following the successful completion of the project (inaugurated in November 2013), the contractor decided to continue the collaboration with Holcim (Romania). Holcim will therefore supply Dorosol binders for the Timisoara-Lugoj highway project, sector 2, which started in February 2014.

4. Case Study: Cold Recycling of a Flexible Pavement

The recycling of road pavements, regardless of their type (flexible, rigid, semi-rigid, cobbled etc), represents a modern construction method which can provide a series of advantages, such as:

- Important material cost reductions, as the new pavement will use up to 90% materials from the old

- Transportation cost reductions (wear on vehicles, wear on pavements which will carry the traffic), resulting from the fact that there is a very low proportion of new materials

- Energy savings, because the mix is made on site, without the need for fixed stations for mixing

- The road level is not substantially modified, as in the case of reinforcement work, extremely important for projects in urban areas, where changing the road level often involves adjustments for the other networks, especially the electricity grid

- Greatly reduced environmental impact, due to the reduced fossil fuel consumption, in all phases of the technological process (fabrication, transport, paving)

Generally speaking, cold recycling of an existing road pavement involves milling of the surface and mixing it with a binder(which can be hydraulic, hydro carbonate or a combination of the two), followed by compaction, and eventually by the paving of a superior layer (very often a wearing course).

For the resurfacing of the DN 6 national road, sector 3, Alexandria – Craiova (37 km, in south-western Romania), the contractor (S.E.CO.L.) chose to use the Doroport TB binder, supplied by Holcim (Romania). The contractor chose to use the hydraulic binder for the cold recycling of the existing structure, instead of the original technical solution which suggested the use of cement. This choice was influenced by the advantages of road hydraulic binders, with the most important ones listed below:

- Reduced hydration heat, which leads to a slow and controllable development of cracks, which are unavoidable in semi-rigid road
- Slower setting, which allows for an easier and safer paving, even in high temperature conditions
- A steady increase of compression resistances at representative ages, which are at least equal or superior to the resistances offered by cementitious mixes.

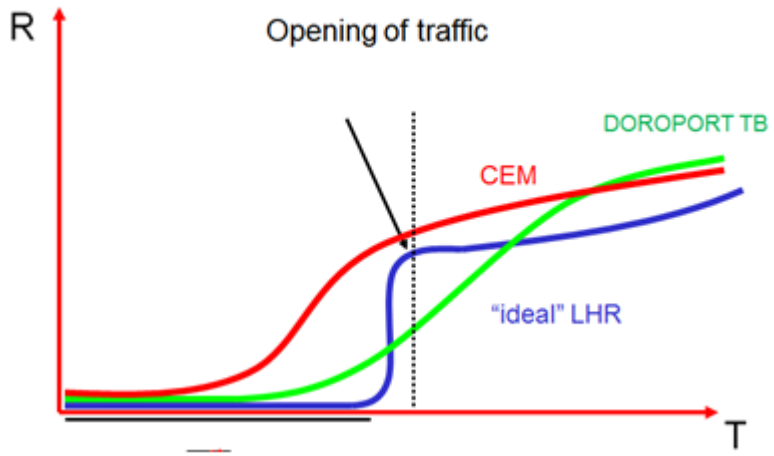


Photo 7 – Comparisson between ideal binder-Doroport-cement regarding resistances at certain ages of material

In the case of this particular project, the measurements made before commencing the works suggested that the sectors which were degraded or had an unsatisfactory bearing capacity represented about 50% of the total project. Using cold recycling on site with Doroport TB25 road hydraulic binder optimized the road pavement, leading to important overall savings and to reduced construction times. The graph in Figure 10 below shows the significant reduction in characteristic deflections as well as a homogenized bearing capacity for the object of study.



Photo 8,9 – Types of degraded pavement before recycling: cracks, bumps, rutting

An allowable and homogeneous bearing capacity represents a proof that the pavement will perform efficiently throughout its entire design life, estimated at 15 years.

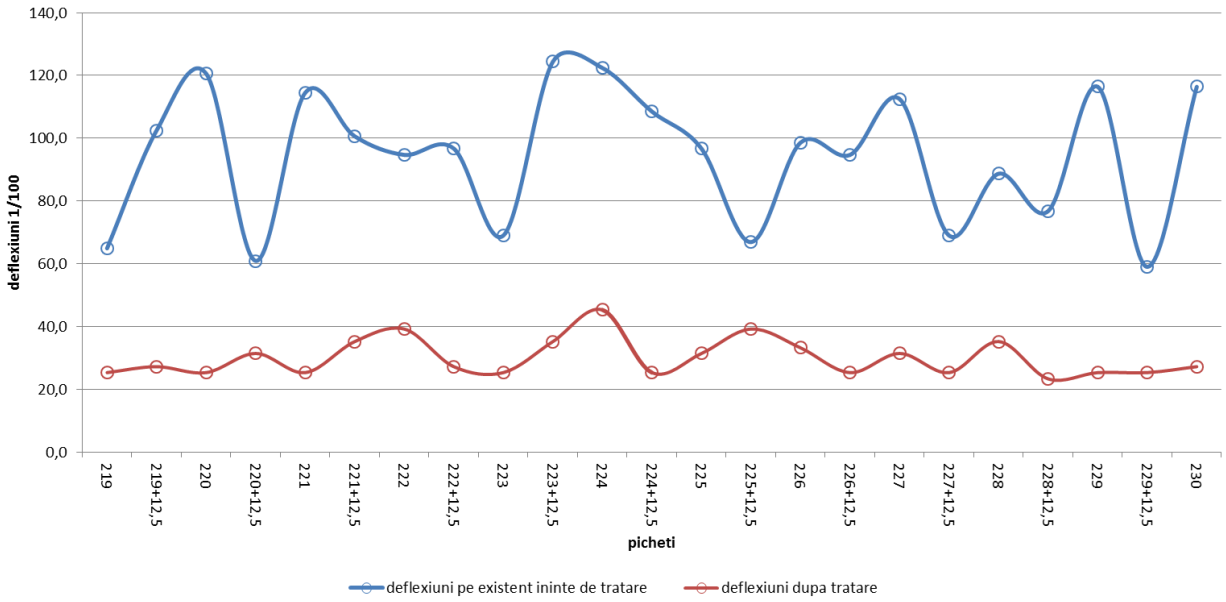


Photo 10 – Bearing Capacity before and after cold recycling using Doroport TB

5. Conclusions

The three construction projects described in this paper represent only a small fraction of the more than 800 construction works carried out in Romania in the last 10 years using the Dorosol/Doroport TB binders, technical solutions promoted by Holcim (Romania). The wide range of works covers the entire national territory and numerous infrastructure projects: highways, national roads, local roads, rail works, logistical platform and industrial parks. The excellent results obtained so far and the unanimous satisfaction of our collaborators (contractors, designers, consultants, clients) confirm our faith in the efficiency and quality of the technical solutions for stabilized earthworks offered by Holcim (Romania).

References

1. *** - Traitement des sols a la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Guide technique. Laboratoire Central des Ponts et Chausees, 2000

2. Florescu, Eugen - Tehnologii speciale pentru reabilitarea drumurilor – Editura Societății Academice Matei-Teiu Botez, 2010

3. *** - Energia eoliană și alte surse regenerabile de energie în România – TPA Horwarth Romania, 2013

4. *** - Technical Agreement 015-07/158-2011- Hydraulic binders: DOROSOL® C30, DOROSOL® C50, DOROSOL® C70, DOROSOL® F, DOROSOL® S50. Ministry of regional development and Tourism, Romania, 2011

5. *** - EN 13282-1- Hydraulic Road Binder – Composition, Specifications and Conformity Criteria – European Committee for Standardization, March 2013

6. *** - Proceedings of XXIVth Road World Congress, Mexico City, September 2011. World Road Association

PRAĆENJE PROJEKATA KORIŠĆENJEM INFORMACIONIH SISTEMA

Ertan Ljajić, dipl.inž.elekt.
A.D."Novi Pazar-put", ertan.ljajic@np-put.rs

Rezime: *U uslovima sve veće konkurencije i težih uslova poslovanja više nije dovoljno samo dobiti posao i uraditi ga, već se i za svaki projekat moraju pratiti dinamika izvođenja radova, svi troškovi i prihodi. Ažurno, tačno i detaljno. To nije moguće bez nekog od savremenih Informacionih Sistema. U ovom radu je opisana praktična primena Informacionog Sistem namenjenog za putarske firme. Kako planirati na projektima? Kako pratiti prihode i troškove na projektima? Kako vršiti detaljnu analizu angažovanja mehanizacije, materijala i radne snage na gradilištima? Koliko je projekat trebao da košta, a koliko je zaista koštao? Cilj ovog rada je davanje odgovora na ova pitanja, koja su od ključne važnosti za uspešno vođenje projekata. Kao posebno poglavlje je izdvojeno praćenje mehanizacije, jer je kompleksnost i važnost ove Radne Jedinice u putarskim firmama velika.*

Ključne reči: *Informacioni Sistem za putarske firme, praćenje projekata, dinamika izvođenja radova, praćenje prihoda i troškova projekata, praćenje mehanizacije*

1. UVOD

Putarske firme su više nego ikad svesne činjenice da dobiti i završiti posao više nije dovoljno. Postalo je jasno da su jedina garancija uspeha tačni podaci o svakom projektu, odmah. Bilo da se radi o projektima na izgradnji ili održavanju puteva. Obim podataka i brzina njihove cirkulacije su tolike da su za njihovu kvalitetnu obradu neophodni savremeni Informacioni Sistemi. Još uvek je malo građevinskih firmi kod nas, ali i u svetu koje imaju praksu prikupljanja i čuvanja detaljnih podataka o projektima. **[1]** Zbog toga je primena novih informacioni tehnologija jedna od tačaka u kojima će se uspešne putarske firme razlikovati od neuspešnih. U ovom radu sam pokušao da dam odgovor na pitanja zašto je to tako, da li je moguće i kako primeniti IS u putarskim firmama.

Opisani su neki od najvećih izazova sa kojim se susreću putarske firme koje pokušavaju da prate projekte putem Informacionog Sistema. Bez obzira na to koji IS se implementira u putarskoj firmi, osnovni problemi su isti. Koji su uslovi za praćenje projekata? Šta predstavlja ažurno ili detaljno praćenje realizacije i troškova na nekom projektu? Davanje odgovora na ova pitanja nije jednostavno.

Praktična primena Informacionog Sistema u praćenju projekta prikazana je kroz iskustvo firme AD „Novi Pazar – Put". **[2]** Informacioni Sistem koji AD „Novi Pazar – Put" koristi za praćenje projekata je iz ERP klase Informacionih Sistema i predstavlja sveobuhvatan sistem sa kojim su pokriveni svi poslovni procesi u ovoj firmi. ERP je skraćenica od engleskih reči *Enterprise resource planning*, što u prevodu znači „Planiranje resursa preduzeća". Ovi sistemi se koriste uglavnom za finansije, komercijalu, proizvodnju, HR, ali je nadogradnjom jednog takvog sistema dobijen i modul za tehničku pripremu, mehanizaciju i praćenje projekata. Pri tome su svi moduli međusobno povezani.

2. USLOVI I KRITERIJUMI ZA PRAĆENJE PROJEKATA KROZ INFORMACIONI SISTEM

Kvalitetno praćenje projekata zahteva dve bitne stvari: **[3]**

1) Dobru organizaciju u evidentiranju i prikupljanju podataka sa terena
2) Informacioni Sistem koji omogućava efikasan unos podataka i koji na odgovarajući način procesira unete podatke

Procesi koji se odvijaju na putarskim projektima spadaju među najsloženijim u poslovnom svetu. U realizaciji projekata učestvuje veliki broj različitih činilaca (mehanizacija, materijali, radna snaga, III lica) koje treba iskoordinirati na odgovarajući način. Promene su veoma brze i njihovo blagovremeno i kvalitetno evidentiranje je složeno. Uz sve to, radovi se često izvode na udaljenim i razuđenim lokacijama, zbog čega je veoma teško prikupiti sve podatke neophodne za praćenje gradilišta.

Informacioni Sistemi koji su namenjeni prevashodno za korišćenje u finansijama, komercijali, kadrovskoj službi su prilično statični, jer su poslovni procesi u tim službama u najvećoj meri definisani zakonom i odstupanja ne mogu biti velika. Na izgradnji i održavanju puteva, sa druge strane, stvari mogu da se posmatraju iz puno različitih uglova i ima dosta improvizacije. Zbog toga je IS za praćenje putarskih projekata teže napraviti, implementirati i koristiti. Količina podataka koja stiže sa terena je velika i zato u sistemu mora biti moguć brz i jednostavan unos tih podataka. Sistem mora biti fleksibilan, prilagođen

dešavanjima na terenu i mora pokriti sve moguće scenarije koji se mogu desiti. Vrlo bitan je i način na koji će se obrađivati uneti podaci, jer bi bez odgovarajućih izveštaja unos podataka bio besmislen. Kvalitetni izveštaju su osnova za praćenje dešavanja na projektima.

Informacioni Sistemi, pored svog tehnološkog napretka poslednjih decenija, i dalje predstavljaju „samo“ alate u vršenju posla. Ni oni nisu svemogući i često znaju da budu prilično kruti. Zbog toga i organizacija u firmi i na projektima mora da pretrpi određene izmene i prilagođavanju sistemu.

Na posredan ili neposredan način u dešavanjima na projektima su uključeni svi sektori i službe koje se mogu naći u putarskim firmama i to u tri nivoa: u fizičkom obavljanju posla, u evidentiranjem dešavanja kroz Informacioni Sistem i praćenju izveštaja iz Inofrmacionog Sistema. Da bi se neki projekat uspešno realizovao neophodno je da komercijala izvrši nabavku i dopremanje materijala, proizvodnja da proizvede i dopremi gotove proizvode, a mehanizacija da locira mehanojedinice na lokaciji gde se izvode radovi. Ovo je fizički deo posla koji je neophodan da bi radovi uopšte mogli da se izvršavaju.

Drugi deo, takođe veoma bitan, je unos svih ovih promena u Informacioni Sistem, jer bi bez toga radili bez jasne predstave o tome šta se dešava na terenu. Zbog toga svi sektori i službe moraju da ažurno i dobro obavljaju svoj deo posla, a koordinacija i sprega između organizacionih jedinica u firmi mora da bude maksimalna. Kako u fizičkom delu posla, tako i u unosu podataka u sistem. Ukoliko svako ne obavi svoj deo posla na vreme i kako treba, onda ceo sistem gubi svoj smisao.

Na kraju dolazi izrada i praćenje izveštaja i dešavanja na gradilištu. Ova faza zahteva najmanje vremena za realizaciju i predstavlja krunu praćenja projekata, ali je put do nje dug i komplikovan. Fizički nije zahteva, jer sistem automatski obrađuje sve unete podatke, ali za razliku od druge faze, u kojoj je unošenje podataka u velikoj meri mehaničko, zahteva stručnost i dobro poznavanje materije.

2.1. Kriterijumi za praćenje projekata

Praćenje putarskih projekata mora biti ažurno, detaljno i tačno. Na prvi pogled postavka ovog zadatka, ma koliko njegova realizacija bila komplikovana, deluje jednostavna i jasna. Međutim, kada se počne sa rešavanjem problema vidi se da i postavka osnovnih kriterijuma nije laka.

2.1.1. Ažurno praćenje projekata

Šta predstavlja ažurno praćenje projekta? Odgovor koji se nameće kao prvi je dnevno praćenje projekata. Ono zahteva svakodnevnu ažurnost i tačnost svih u lancu, a tolerancija na greške je minimalna. Ovo je izuzetno teško postići što zbog subjektivnih, što zbog objektivnih razloga. Teško je sve zaposlene naterati da budu maksimalno ažurni i tačni svih 365 dana u godini, sa zabačenih lokacije otežana je dostava podataka, fakture od trećih lica ne možemo da dobijamo svakog dana, teško je ispratiti sva dešavanja na projektu na dnevnom nivou. Morao bi i da postoji neko ko će na dnevnom nivou da prati promene, jer ukoliko nema dnevnog praćenja dnevni unos podataka nema smisla.

Čak i da postignemo dnevnu ažurnost, šta bismo time dobili? Verovatno ne mnogo. Zbog prirode građenja dnevna slika projekta često nije realna. Postoje pozicije koje zahtevaju višednevne pripreme, pa u određenom periodu na njima postoje samo troškovi, a nikakva realizacija. To stvara pogrešnu sliku o tome da se u tom periodu posluje sa gubitkom, isto kao što će biti i pogrešna predstava na dan kada se kompletira pozicija, jer će se u tom danu javiti velika realizacija, a malo troškova. Primeri za ovakve pozicije su izrada potpornih zidova ili izrada asfaltne rigole sa ivičnjacima.

2.1.2. Detaljno praćenje projekata

Vrhunac praćenja na projektima bi verovatno bilo praćenje troškova i prihoda na nivou pozicija. Da li je to i moguće? U toku dana se često izvodi i po nekoliko pozicija, a mehanizacija, materijal, kao i radnici „šetaju“ sa jedne pozicije na drugu. Da bi evidentirali trokoškove po pozicijama morali bi da za svakog radnika, za svaku mašinu, merimo koliko su vremena proveli na svakoj od pozicija. Na sličan način bi morali da pratimo i materijal. Zbog toga je izuzetno teško, gotovo nemoguće, da se troškovi prate na nivou pozicije.

2.1.3. Tačno praćenje projekata

Tačan podatak je nešto što bi uvek trebalo da bude jedinstveno i apsolutno, međutim na putarskim projektima, čak ni to ne mora da bude slučaj. U toku meseca se prati realizacija po pozicijama koja na kraju meseca ne mora da bude ista kao ona sa dokaznica. Često se desi da ni količine sa dokaznica nisu iste kao one i situaciji, jer u nekim situacijama investitor zadrži određene količine. Šta u tom slučaju za nas predstavlja tačan podatak? Da li ono što smo stvarno uradili (podatak sa dokaznica) ili ono što u tom trenutku možemo da naplatimo?

Kao što se vidi postavljanje kriterijuma za praćenje projekata nije jednostavno. U želji da imamo što ažurnije i što preciznije podatke možemo doći u situaciju da uđemo u nešto što je veoma teško ili nemoguće postići. Pokušavajući da dobijemo veoma ažurne i precizne podatke, možda ne postignemo ažurnost i tačnost ni na najosnovnijem nivou. Ako bi hteli da pratimo projekat na dnevnom nivou i na nivou pozicija, verovatno bismo vrlo brzo došli u situaciju da podaci na dnevnom nivou kasne. Podaci o troškovima po pozicijama bi se davali proizvoljno, a samim tim bi imali proizvoljne i netačne podatke i na nivou projekta. To sve bi dovelo do toga da ne bismo imali tačne podatke, čak ni na nivou projekta za nedeljni ili mesečni period.

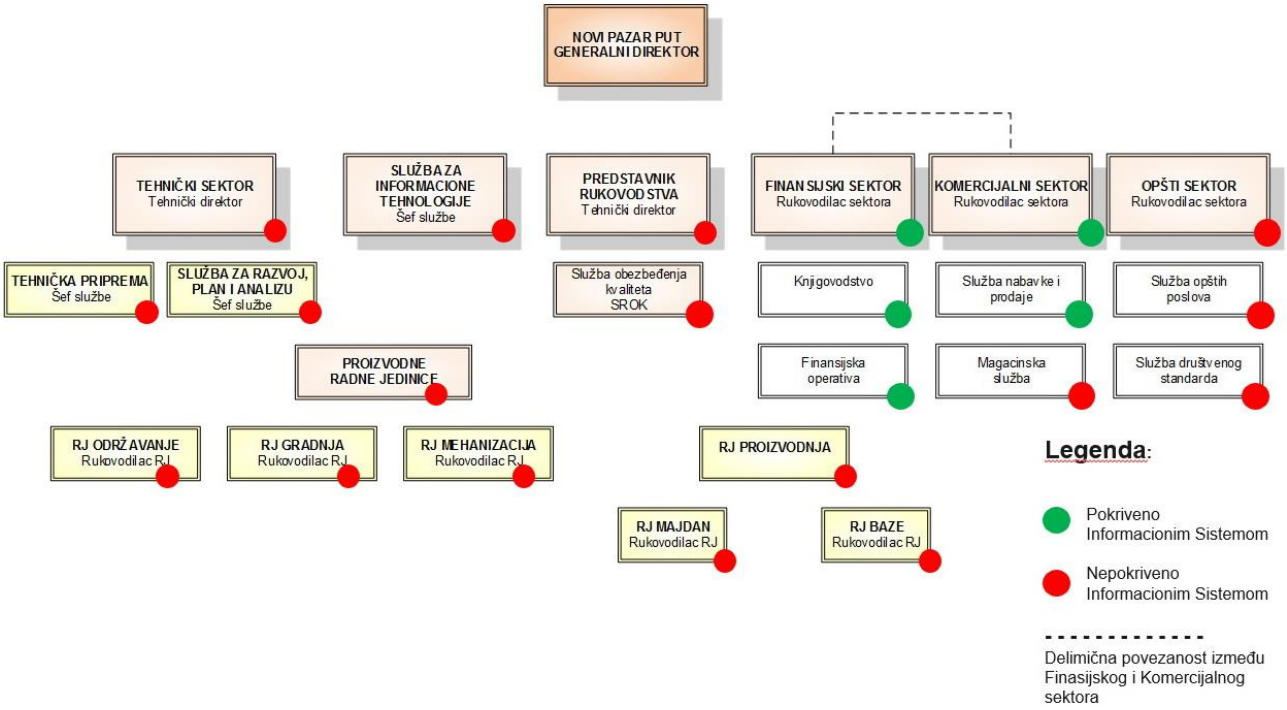
Sa druge strane, ukoliko je period za praćenje projekta velik, onda je veoma teško kontrolosati i pratiti tačnost podataka. Što je period praćenja duži, to je veća verovatnoća da se neka realizacija ili trošak ispuste iz evidencije. Takođe, ukoliko neki podatak dobijemo kasno onda on gubi svoj smisao, jer je cilj praćenja projekata da pravi podatak dobijemo u pravi trenutak, da bismo mogli odmah i adekvatno da reagujemo. **Zakasnela informacija na projektu ima malu upotrebnu vrednost.**

Iz svega navedenog može se zaključiti da je za kvalitetno praćenje projekata izuzetno bitno postaviti realne i dostižne ciljeve, a koji su ujedno i dovoljno visoki da osiguraju uspešan projekat. Svaka firma treba da realno proceni svoje mogućnosti i potrebe i da na osnovu njih postavi ciljeve. Uglavnom je bolje početi sa manjim ciljevima nakon kojih se, kada se postignu, mogu postaviti i veći. Treba voditi računa i o ceni koštanja cilja koji želimo da postignemo. Nekad je za 99% tačnosti potrebno uložiti duplo više vremena, truda i novca nego za 95% tačnosti.

3. IMPLEMENTACIJA NAV INFORMACIONOG SISTEMA U AD „NOVI PAZAR – PUT“

Do kraja 2010. godine u AD „Novi Pazar – Put“ je korišćeno lokalno, funkcionalno i tehnološki zastarelo poslovno rešenje. Karakterisali su ga višestruki unos istih podataka, nepostojanje sistemski definisanih procedura, slaba automatizacija, duga i komplikovana izrada izveštaja, slaba povezanost između različitih službi. Ovaj program se koristio samo u komercijali i finansijama, dok na gradnji, u održavanju, tehničkoj pripremi, mehanizaciji, bazama i na majdanu nije korišćen poslovni softver ove vrste. Rast i organizacija firme su u velikoj meri prevazišli mogućnosti postojećeg sistema i bilo je jasna potreba za implementaciju novog, savremenog Informacionog Sistema.

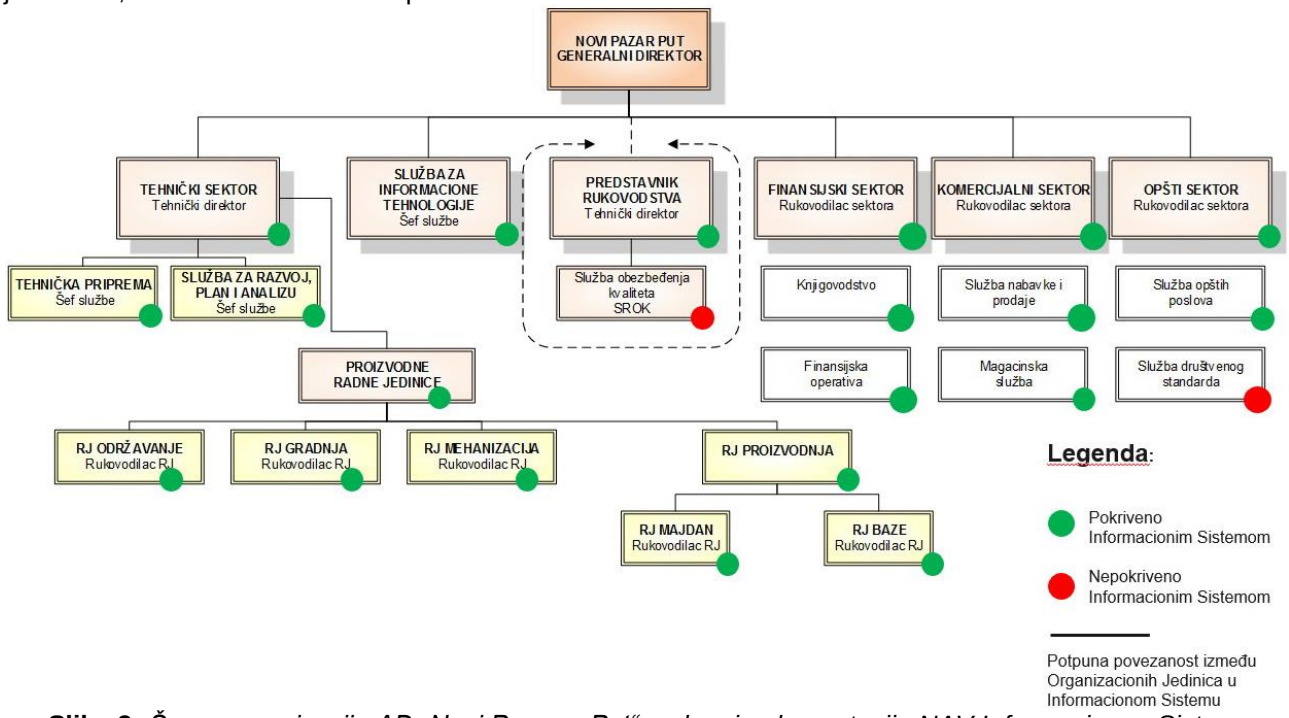
Na *Slici 1* **[4]** je dat šematski prikaz sektora i službi koje su koristile stari poslovni program. Sa šeme se vidi da je takvih službi bilo malo, a da je veza između njih bila jako slaba.



Slika 1: *Šema organizacije AD „Novi Pazar – Put“, pre implementacije NAV Informacionog Sistema*
Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Nakon izrade **Projektnog zadatka za implementaciju IS**, kao rešenje je izabran Microsoft Dynamics NAV, a kao implementator NPS. Implementacija projekta je zvanično započela Kick-off meeting-om 12.05.2010. godine, a nov Informacioni Sistem je pušten u produkciju u januaru 2011. godine. Implementacija IS je urađena korišćenjem Microsoft SureStep metodologije, koja je zvanično propisana za implementaciju Microsoft Dynamics proizvoda **[5]**.

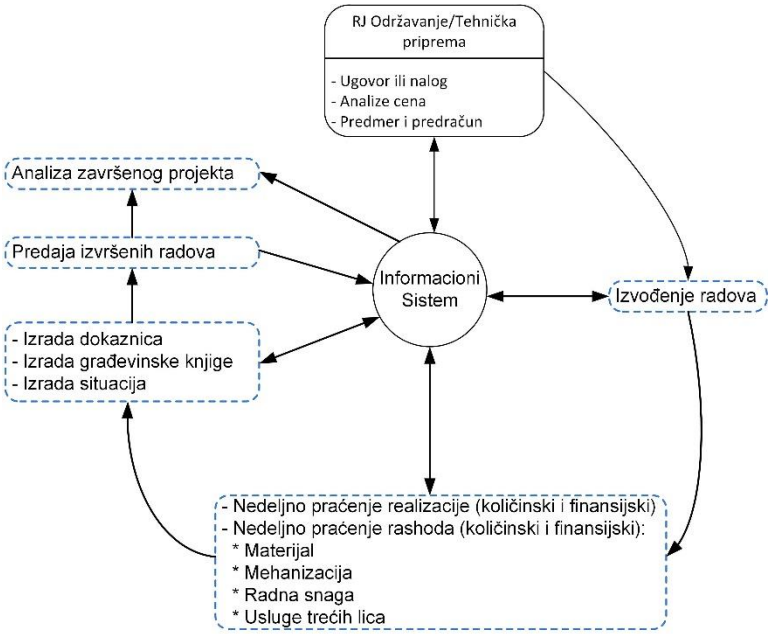
Na *Slici 2* **[4]** se vidi da su svi sektori i službe sada deo integralnog Informacionog Sistema i, što je takođe jako bitno, kroz IS su međusobno povezani.



Slika 2: *Šema organizacije AD „Novi Pazar – Put“, nakon implementacije NAV Informacionog Sistema*
Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

4. PRAĆENJE PROJEKATA

U početnom periodu korišćenja IS NAV u AD „Novi Pazar – Put“ bilo je dosta problema, pre svega u praćenju projekata. Kako na gradnji, tako i na održavanju. U međuvremenu su promenjene procedure, izvršena reorganizacija u firmi, ali i izvršena određena prilogođavanja IS načinu rada firme. To je dovelo do značajnog napretka u funkcionisanju sistema, tako da se sada u Informacionom Sistemu prate svi projekti.



Slika 3: *Procesi na projektima u AD „Novi Pazar – Put“*

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Početni korak je otvaranje projekta u Informacionom Sistemu, što je posao Tehničke pripreme. Nakon toga se otvara predmer i predračun sa pozicijama koje se biraju iz postojećeg šifarnika pozicija. Za sve pozicije imaju definisani normativi koji sadrže sve resurse neophodne da bi se neka pozicija izvršila.

U toku izvođenja radova poslovanje na svim projektima se prati na nedeljnom nivou, a nakon nedeljnog izrađuju se mesečni i kumulativni izveštaji za svaki projekat. Podaci se knjiže uglavnom na nedeljnom nivou, osim angažovanje mehanizacije koje se knjiži svakodnevno. Šematski prikaz ovih procesa je dat na *Slici 3* **[6]**. Iz šeme se vidi kakva i kolika je povezanost procesa na izgradnji i održavanju puteva sa IS. Većina dešavanja se ili završavaju ili proističu iz IS, pa on sada igra jednu od centralnih uloga u životnom veku svakog projekta u „Novi Pazar – Put“.

Tabela 1: *Izveštaj za praćenje projekata*

GRADILIŠTE	TROŠAK MATERIJALA	TROŠAK RADNE SNAGE	TROŠAK MEHANIZACIJE	TROŠAK III LICA	UKUPNO TROŠKOVI	REALIZACIJA	OSTATAK/ GUBITAK (DINARA)	OSTATAK/R EALIZACIJA (%)
G-0 - Gradnja								
G-0110 - Gradnja Kraljevo								
PRO13-00007 - Održavanje ulica i lokalnih puteva na teritoriji Vrnjačke Banje								
PRO13-00074 - Put u Kniću Raškoviće - Ribeš								
PRO13-00082 - Uredjenje platoa Mlekare u kraljevu								
PRO13-00083 - Odrzavanje putne mreze na teritoriji Vrnjacke Banje								
G-0210 - Gradnja Raška								
PRO12-00130 - Prelaz Rudnica-Jarinje								
PRO13-00033 - Opštinski putevi u Raški								
PRO13-00053 - Uređenje parkovske površine u Baljevcu								
PRO13-00075 - Ulica Tomice Aleksića u Raški								
G-0310 - Gradnja Novi Pazar								
PRO13-00013 - Put na Goliji - Prijeko brdo - Odvraćenica								
PRO13-00042 - OŠ Ćamil Sijarić u Novom Pazaru								
PRO13-00065 - Sanacija klizišta Jerka na R118a								
PRO13-00071 - III LICA NOVI PAZAR - GRADNJA								
PRO13-00077 - Uređenje polazne stanice žičare na Goliji - Golijska Reka								
G-0410 - Gradnja Sjenica								
PRO13-00044 - III LICA SJENICA								
PRO13-00068 - Betonski radovi u ski centru Zari u Sjenici								
PRO13-00069 - Izrada biatlon staze u Ski centru Žari asfalterski radovi								
PRO13-00078 - Uređenje poljskih puteva u Sjenici								
PRO13-00079 - Lokalni put za Žabren								
PRO13-00080 - Lokalni put za Raškoviće								
G-0510 - Gradnja Tutin								
PRO12-00092 - Most na potoku Bređa								
PRO13-00017 - Ulice u Tutinu - ulica Kovačka								
PRO13-00027 - Klečanka - Potreb L=400m								
PRO13-00035 - III LICA TUTIN								
PRO13-00036 - Održavanje opštinskih puteva R231a, 118b i R236								
UKUPNO								

Izvor: AD „Novi Pazar – Put“

Šefovi gradilišta i sekcija jednom nedeljno dostavljaju izveštaje o troškovima i realizaciji na projektima *Službi za praćenje i kontrolu projekata* koja vrši knjiženje podataka.

U *Izveštaju za praćenje projekata (Tabela 1)* **[4]** možemo videti sve rashode na projektima (materijal, mehanizacija, radna snaga, usluge trećih lica), prihode, kao i ostatak. Ovo je izveštaj koji se dobija „na klik“ i za nekoliko sekundi. Na njemu imamo vrlo jasan, brz i precizan uvid o poslovanju projekata i sekcija. Ovaj izveštaj može da se prati na dnevnom, nedeljnom, mesečnom ili bilo kojem drugom, proizvoljno zadatom periodu. Procenili je da je nedeljno praćenje projekata nešto što je realno ostvarljivo i dovoljno ažurno.

Ukoliko se prilikom analize nekog od projekata primete problemi, kao što je povećan trošak na nekoj stavki, onda se svaka stavka analizira u posebnim izveštajima, sa mnogo više detalja. U ovakvim situacijama se koriste izveštaji na kojima se sa puno više detalja analiziraju utrošci materijala, mehanizacije, radne snage *(Tabela 2)* **[4]**, kao i realizacija po pozicijama *(Tabela 3)* **[7]**.

Tabela 2: *Izveštaj – Troškovi na projektu PRO13-00082, za Novembar 2013.*

G-0110 - Gradnja Kraljevo	Količina	Trošak
PRO13-00082 - Uredjenje platoa Mlekare u kraljevu		
MATERIJAL		
GOTPRO - Gotov proizvod		
A03047 - ASFALT BNS32 - MARINI (T)		
A03045 - ASFALT AB11 - MARINI ERUPTIVNI (T)		
A03050 - TAMPON 0-60mm MAJDAN (M3)		
A03043 - ASFALT BNHS16 - MARINI (T)		
MATERIJAL - Materijal		
A04036 - PRIRODNI ŠLJUNAK 0 - 60 (M3)		
A00758 - EMULZIJA (KGR)		
A04876 - ŠLJUNAK - STAMENKOVIĆ (M3)		
A04034 - ASFALT AB 11 -MATERIJAL (T)		
A04869 - LOMLJENI KAMEN - MAGLIĆ (M3)		
A03229 - BETON MB - 30 (MATERIJAL) (M3)		
A04791 - TAMPON KREČNJAČKI 0-31,5 MM MAGLIČ (T)		
A04868 - JALOVINA - MAGLIĆ (M3)		
MEHANIZACIJA		
RES00009 - BAGER VOLVO EW 170 (H)		
RES00016 - KOMBINIRKA FIAT HITACHI FB200 (H)		
RES00024 - UTOVARIVAČ VOLVO L 90 (H)		
RES00033 - VALJAK ZA ZEMLJ. RADOVE 211 (H)		
RES00038 - VALJAK ZA ASFALT 151 AD 2 (H)		
RES00044 - VIRTGEN L 1000 (H)		
RES00047 - MAŠINA ZA BELU LINIJU (H)		
RES00049 - FINIŠER VOGELE 1900 (H)		
RES00053 - VOLVO FM12 (8x4)- ČETVOROOSOVINAC (H)		
RES00054 - VOLVO DVOOSOVINAC (H)		
RES00059 - TROOSOVINCI(NL10, FL10,FM) (H)		
RES00064 - VOLVO FM 13 6X4 (TEGLJAČ) (H)		
RES00081 - ZASTAVA-IVEKO (H)		
RADNA SNAGA		
RAD-0002 - RADNIK - III KATEGORIJE (H)		
RAD-0009 - PUTAR (H)		
RAD-0010 - TEHNIČAR (H)		
UKUPNO		

Izvor: *AD „Novi Pazar – Put“*

Svi izveštaji mogu da se posmatraju u proizvoljno zadatom periodu, kao i za svaki projekat posebno ili zbirno za sve projekte. Izveštaji se izrađuju u Microsoft Excelu, koji je sa odgovarajućim tehničkim rešenjima povezan sa bazom podatka IS, što pruža slobodu da se izveštaji kreiraju na proizvoljan način.

Tabela 3: *Izveštaj – Realizacija po pozicijama na projektu PRO13-00082, za Novembar 2013.*

Row Labels	Količina pozicije	Iznos pozicije
00 - Novi Pazar PUT		
G-0 - Gradnja		
G-0110 - Gradnja Kraljevo		
PRO13-00082 - Uredjenje platoa Mlekare u kraljevu		
GRA - GRADNJA		
GRA-1 - PRIPREMNI RADOVI		
GRA-10 - Osnovni pripremni radovi		
GRA-10001014 - Rušenjei razbijanje i vađenje postojećih AB temelj nih stopa (KOM)		
GRA-10001100 - Obeležavanje trase (PAUŠ)		
GRA-100013 - Sečenje asfalta dijamantskom testerom d=20cm (M1)		
GRA-15 - Ruš.zgrada,betona,trotoara,ivičnjaka,kolovoza		
GRA-151523 - Rad glodalice za asfalt (M3)		
GRA-2 - ZEMLJANI RADOVI		
GRA-202 - Mašinski iskop zemlje		
GRA-20201604 - Mašinski iskop zemlje III i IV kategorije, sa uto varom i odvozom 5 KM (M3)		
GRA-212 - Planiranje i valjanje posteljice		
GRA-212001 - Planiranje i valjanje posteljice u materijalu III (M2)		
GRA-212003 - Uređenje temeljnog tla (podtla) (M2)		
GRA-3 - ODVODNJAVANJE		
GRA-37 - ODVODNJAVANJE - OSTALO		
GRA-370008 - Nivelisanje postojećih šahti (KOM)		
GRA-6 - GORNJI STROJ		
GRA-61 - Izrada I i II nosećeg sloja		
GRA-6100030501 - Izrada II nosećeg sloja od drobljenog agregata 0-31mm prevoz na 30km (M2)		
GRA-61002303 - Nabavka i ugradnja šljunka prevoz 40km (M3)		
GRA-64 - Spravljanje asfaltnih mešavina		
GRA-642 - Spravljenje asfaltnih mešavina na bazi "MARINI"		
GRA-642005 - Habajući sloj AB 11 - krečnjački agregat prevoz na 9 km (M2)		
GRA-642013 - Bito-agregat BNS 32 - krečnjački agregat (M2)		
GRA-7 - SAOBRAĆAJNA OPREMA I SIGNALIZACIJA		
GRA-74 - Elementi horizontalne signalizacije		
GRA-740010 - Obeležavanje belom bojom (M2)		
UKUPNO		

Izvor: *AD „Novi Pazar – Put“*

Tabela 4: *Izveštaj – Angažovanje mašina na projektu PRO13-00082*

Row Labels	Količina izvršenog posla	Efektivni sati rada (H)	Vreme čekanja (H)	Vreme vanrednog zastoja (H)	Ukupno vreme (H)	Trošak za efektivne sate (DIN)	Trošak za vreme čekanja (DIN)	Ukupno trošak (DIN)
01_UTOVARIVACI - ULT160,ULT220,L90E,L120E,CAT								
201-01 - Utovar peska, šljunka, frakcija, tampona i ostalih rastresitih materija								
04_ROVOKOPACI TOCK - EW140,EW170,MH6,CASE,TEREX								
202-08 - Iskop sa utovarom								
202-11 - Planiranje materijala								
05_KOMBINIRKE - FH,KOBELCO,VOLVO,CAT,JCB,VENIE								
205-17 - Ostale pozicije radova								
07_FINISERI - 1900,1800,GOSA								
206-01 - Razastiranje asfalta								
08_VALJKOVI ZA ASF - 202AD4,161AD4,161AD2,151AD2								
207-04 - Sabijanje materijala valjanjem asfalta								
09_VALJKOVI ZA ZEM R - BW212,BW211,BW213								
207-03 - Sabijanje materijala valjanjem nasipa i tampona								
207-07 - Samohodni transport								
10_MASINE SPEC NAM - WIRTGEN,UNIM,STEYR,BETTER,CASE								
213-01 - Glodanje asfalta								
Grand Total								

Izvor: *AD „Novi Pazar – Put“*

Detaljne izveštaje za praćenje angažovanja mehanizacije na gradilištima koristi uglavnom RJ Mehanizacija u „Novi Pazar – Put“,ali su korisni i šefovima gradilišta radi praćenja angažovanja mehanizacije na gradilištima.

Tabela 5: *Izveštaj –Angažovanje vozila na projektu PRO13-00082*

Row Labels	Količina prevezenog materijala	Ukupna cena
11_VOZILO-8X4 - VOZILO 8x4		
0010000 - PREVOZ DO 10KM U M3		
TR-02 - Kameni šut		
TR-21 - Iskop zemlje		
TR-26 - Šljunak		
0013000 - PREVOZ DO 13KM U M3		
TR-26 - Šljunak		
0028000 - PREVOZ DO 28KM U M3		
TR-03 - Lomljeni kamen		
0030000 - PREVOZ DO 30KM U M3		
TR-03 - Lomljeni kamen		
0115000 - PREVOZ DO 115KM U M3		
TR-04 - Tampon 0-31,5		
1010000 - PREVOZ DO 10KM U T		
TR-22 - Asfalt krečnjaka (BNS)		
TR-23 - Asfalt eruptivac (AB)		
1115000 - PREVOZ DO 115KM U T		
12_VOZILO-6X4 - VOLVO FL 10, NL 10, FM, FM 13		
0000001 - TRANSPORT SA PRIKOLICOM/POLUPR		
0005000 - PREVOZ DO 5KM U M3		
TR-04 - Tampon 0-31,5		
0010000 - PREVOZ DO 10KM U M3		
TR-21 - Iskop zemlje		
0013000 - PREVOZ DO 13KM U M3		
TR-26 - Šljunak		
0030000 - PREVOZ DO 30KM U M3		
TR-03 - Lomljeni kamen		
TR-04 - Tampon 0-31,5		
13_VOZILO-4X4 - VOLOV FM 9, FM 13, FM		
0004000 - PREVOZ DO 4KM U M3		
TR-20 - Grebani asfalt		
0010000 - PREVOZ DO 10KM U M3		
1010000 - PREVOZ DO 10KM U T		
TR-22 - Asfalt krečnjaka (BNS)		
15_VOZILA SPEC NAM - FH12,FM13TEGLJ,2628BK		
0000001 - TRANSPORT SA PRIKOLICOM/POLUPR		
21_POLUTERETNA VOZIL - POLUTERETNA VOZILA		
N/A		
UKUPNO		

Izvor: *AD „Novi Pazar – Put“*

Na jednom od izveštaja (*Tabela 4*) **[4]** prikazano je angažovanje mašina na gradilištu. Na izveštaju se vide izvršene količine, kao i efektivni sati rada, sati čekanja i zastoja. Pored količina i sati, prikazan je i trošak (u dinarima) za efektivne sate, kao i za sate čekanja, jer je cena sata različita za ova dva slučaja. Sve ovo je dato po pozicijama rada mehanizacije. Ove pozicije se ne preklapaju uvek jedan na jedan sa pozicijama iz situacije. Na primer, pozicija mehanizacije 205-05 (Grubo planiranje materijala) se može odnositi na nekoliko pozicija u situaciji (Planiranje bankina, Planiranje bermi, Utovar deponovanog materijala pored puta).

Pored mašina, detaljno se prati i angažovanje vozila na gradilištima. Za to se koristi poseban izveštaj, jer se vozila prate po drugim parametrima u odnosu na mašine. Na izveštaju za praćenje angažovanja vozila na projektima *(Tabela 5)* **[7]** se vidi koji materijal se prevozi, na koju razdaljinu i po kojoj ceni.

Osim prikazanih izrađuju se i izveštaji u kojima se analizira efikasnost upotrebe mehanizacije na projektima (izvršene količine u odnosu na efektivni rad, efektivni rad u odnosu na provedeno vreme na lokaciji).

Svi izveštaji se izrađuju za svaki projekat, po sekcijama, po svakoj mašini/vozilu i po svakom rukovaocu posebno, za proizvoljno izabran period. **Ovi izveštaji omogućavaju veoma efikasno praćenje svih detalja u vezi angažovanja mehanizacije na gradilištima.**

5. PRAĆENJE TROŠKOVA MEHANIZACIJE

Jedan od glavnih preduslova za uspešan projekat je uspešno upravljenje troškovima. Mehanizacija generiše veliki deo troškova kako na projektima, tako i u putarskim firmama generalno. Zbog toga kvalitetno upravljanje mehanizacijom predstavlja jednu od osnova uspešnih putarskih projekata.**[8]** Praćenje realizacije mehanizacije na gradilištima, kao i praćenje troškova mehanizacije je izuzetno komplikovano. Procesi vezani za mehanizaciju su ako ne najsloženiji, onda sigurno jedni od najsloženijih od procesa u putarskim firmama.

Zbog svega navedenog jasno je zbog čega skoro svaka putarska firma posebnu pažnju poklanja praćenju mehanizacije. Kako njenoj realizaciji, tako i troškovima. U predhodnom poglavlju je ukratko prikazano na koji način je putem savremenog IS moguće pratiti realizaciju mehanizacije, a u ovom poglavlju ću se dotaći teme praćenja troškova mehanizacije. Ova tema je svakako isuviše kompleksna da bi mogla da stane samo u jedno poglavlje i zbog toga ću se osvrnuti samo na neke od glavnih aspekata ovog pitanja.

5.1. Praćenje troškova goriva

Zbog velikog voznog i mašinskog parka, za svaku putarsku firmu je važno da ima kvalitetno praćenje potrošnje goriva. Ovo je jedno od gorućih problema u većini putarskih firmi, jer nije lako doći do optimalnog praćenja potrošnje goriva. Za razliku od praćenja rezultata poslovanja gradilišta gde period praćenja može biti nedeljni ili čak i višenedeljni, praćenje potrošnje goriva ima smisla samo ukoliko je na dnevnom nivou. Promene u potrošnji goriva mogu biti drastična i zbog toga se svaki podatak mora evidentirati i proveriti na dnevnom nivou.

U „Novi Pazar – Put“ se u Informacionom Sistemu NAV svakodnevno evidentiraju svi parametri bitni za potrošnju goriva. Svakodnevno se unose informacije o tome u koje vozilo je sipano koliko goriva, ko je vozač/mašinista, na kojoj kilometraži ili na koliko radnih sati, stanje potrošnje goriva po kompjuteru, kao i po specijalizovanom uređaju za praćenje potrošnje goriva - EDMu. Na osnovu unetih podataka izrađuju se izveštaji na osnovu kojih se analizira potrošnja goriva i prati da li je potrošnja povećana.

5.2. Praćenje troškova održavanja mehanizacije

Značajan deo troškova za mehanizaciju otpada na održavanje. Bilo da je tekuće ili investiciono svi ovi troškovi se moraju evidentirati da bi imali tačnu predstavu o tome koliko nas košta mehanizacija. Ovde razlikujemo Interno i Ekstreno održavanje, odnosno servis.

5.2.1. Interni servis (Interno održavanje mehanizacije)

Najveći deo servisa mehanizacije u „Novi Pazar – Put“ se odvija interno, odnosno u sopstvenoj remontnoj radionici. Za svaku popravku postoji radni nalog u koji se unose artikli koji su utrošeni, kao i radni sati osoblja koje je izvršilo popravku. Svi okončani radni nalozi se ubacuju u Inofrmacioni Sistem i na taj način za svaku popravku postoji tačna evidencija o tome kojeg je i koliko materijala utrošeno, kao i koliko je radnih sati potrošeno na opravku.

5.2.2. Eksterni servis (Eksterno održavanje mehanizacije)

Eksterni servisi se takođe evidentiraju i vezuju za svako vozilo (na kojem je rađen eksterni servis) posebno. Fakture eksternih servisa se kreiraju u saradnji RJ Mehanizacija i komercijane službe. Zaposleni u Mehanizaciji unose podatke na kojem vozilu je vršen servis i kakav, dok zaposleni u komercijali unose ostale podatke (dobavljač, iznos, PDV).

5.3. Praćenje potrošnje guma, ulja, filtera, antifriza, masti, sjaja za vetrobrane

Gume se, za razliku od većine drugih artikala koji se upotrebljavaju na sredstvima mehanizacije, ne troše odmah. One se mogu upotrebljavati više puta, na nekoliko različitih vozila i u periodu od nekoliko godina, pa se i evidencija potrošnje guma razlikuje u odnosu na potrošnju drugih materijala. Na svaku gumu se, kada se prvi put postavi na vozilo, utiskuje jedinstveni serijski broj nakon čega se za svaku gumu vodi evidencija na koja vozila je stavljana i u kojem periodu. Takođe, postoji evidencija da li je neka guma rezervna, aktivna ili je skinuta sa vozila i deaktivirana (zimske/letnje gume). Konačno, vrši se i evidencija rashoda gume kada se i evidentira kao trošak.

Podmazivanje i drugo sitnije servisiranje vozila se takođe prati. Postoji posebna evidencija o potrošnji svih ulja i filtera, kao i antifriza, masti i sjaja za vetrobrane. Svi ovi troškovi se dnevno evidentiraju i ubacuju u sistem.

5.4. Zarade, amortizacija, registracija, osiguranje i ostali troškovi

Pored troškova o kojima u najvećoj meri računa vodi RJ Mehanizacija, postoje i troškovi mehanizacije koji se evidentiraju u drugim službama. Uglavnom u komercijali, finansijskoj operativi i knjigovodstvu. Primer za to su zarade, koje se delom obračunavaju u RJ Mehanizacija, a delom u finansijskoj operativi. Slična situacija je i sa troškovima amortizacije, registracije i osiguranja za koje su zaduženi komercijala i knjigovodstvo.

Bez obzira na to što se različiti troškovi evidentiraju u različitim službama, svi oni se „slivaju“ na jedno mesto, raspoređeni po svakom sredstvu mehanizacije posebno, jer se unose u jedinstven Informacioni Sistem.

6. ZAKLJUČAK

Implementacija i primena Informacionih Sistema u putarskim firmama je izuzetno komplikovana. To je jedan od glavnih razloga zbog kojeg je malo putarskih firmi u Srbiji koje su uopšte i pokušale da implementiraju jedan ovakav sistem.

Brzina kojom se danas odvijaju promene na tržištu su takve da samo oni koji uspevaju da se odmah prilagode tim promena opstaju na tržištu. I u Srbiji su ti procesi već prisutni. Konkurencija je sve veća, uslovi poslovanja oštriji, a cene sve niže. Došlo je vreme kada svaka firma mora da u svakom trenutku raspolaže i upravlja sa ažurnim, detaljnim i tačnim podacima. Svaki trošak, pa i onaj najmanji postaje bitan, a efikasnost u korišćenju resursa imperativ. **Bez adekvatne informacione podrške ni jedna firma neće biti u stanju da odgovori izazovima koji predstoje.**

Zahvaljujući implementaciji novog Informacionog Sistema i reorganizaciji, AD „Novi Pazar – Put“ prati rezultate na svim projektima, na nedeljnom nivou. Na osnovu podataka koji se dobijaju iz IS vrše se detaljne analize realizacije, troškova materijala, radne snage i angažovanja mehanizacije na svim projektima. To omogućava da se problemi uoče problemi i na vreme otklone.

Svi poslovni procesi su pokriveni novim IS, a sektori i službe međusobno povezani. Razmena podataka je ubrzana i u najvećoj meri automatizovana. Mnoge od procedura koje su usvojne implementacijom ISO standarda su sadržane u IS, pa je njihova primena osigurana i na sistemskom nivou.

Nakon tri godine pozitivnog iskustva [2] u primeni Informacionog Sistema u AD „Novi Pazar – Put“ može se doneti zaključak da je i u putarskim firmama moguće uspešno koristiti najnovije tehnologije za praćenje i analiziranje projekata i poslovanja. Bez obzira na sve poteškoće i probleme, primena najnovijih informacionih tehnologija je neminovost za sve putarske firme.

Literatura

[1] S. D. S. Dominic D. Ahiaga-Dagbui. 2013. “My cost runneth over: data mining to reduce construction cost overruns,” in *29th Annual ARCOM Conference, Portsmouth, UK*. pp. 1–3.

[2] E. Ljajić and Microsoft Corporation. 2014. “Road Construction Company Continues Business Growth by Using a New ERP Solution,”. [Online]. Available: http://www.microsoft.com/india/casestudies/microsoft-dynamics-nav/novi-pazar-put/road-construction-company-continues-business-growth-by-using-a-new-erp-solution/710000003788.

[3] H. R. Kerzner. 2013. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. pp. 113–124, 138–148.

[4] E. Ljajić. 2013. “ERP i Geografski Informacioni Sistemu u održavanju puteva,” in *Prva međunarodna naučno-stručna konferencija Savremeno održavanje puteva*. pp. 154–166.

[5] T. C. Shankar, V. Bellefroid, N. 2014. *Customer Success with Microsoft Dynamics Sure Step*. pp. 20–23.

[6] I. Ljajić. 2013. “Analiza relizacije projekata i procesa u projektima,” in *Procesi u realizaciji gradilišta*. pp. 7–9.

[7] E. Ljajić. 2013. “Primena Informacionog Sistema i njegove prednosti u okviru Tehničkog sektora,” in *Procesi u realizaciji gradilišta*. pp. 67–76.

[8] G. M. Winch. 2010. *Managing construction projects*. pp. 266–268.

SPECIFIČNOSTI IZVOĐENJA RADOVA NA ADMINISTRATIVNOM PRELAZU „JARINJE“ I NA MOSTU PREKO POTOKA „BREĐA“

Izet Ljajić dipl.građ.inž.[1], Sead Mujović dipl.građ.inž.[2] Edin Ljajić,dipl.građ.inž. [3]
AD” Novi Pazar - put”, www.np-put.rs

Rezime: *Rad obrađuje dva objekt a: administratvni prelaz „Jarinje“ i sanaciju mosta „Bređa“, koja su specifična po načinu i uslovima izvođenja radova na njima.*

Hitni nalog da se administrativni prelaz „Jarinje“ na državnom putu IB-31 uradi za 12 dana je uslovio da su radovi otpočeti na osnovu dve skice koje su predstavljale situaciono rešenje administrativnog prelaza.Uz saglasnost Investitora angažovali smo projektante koji su radili projekat paralelno sa izvođenjem radova.
Radovi su izvođeni na niskim temeperaturama koje su se spuštale i do -20℃. U takvim uslovima urađeni su kameni zidovi visine do 7m, sve potrebne instalacije, a nakon toga, uz konsultacije sa Institutom za puteve, Beograd urađen je asfaltni kolovoz, nakon čega je prelaz zvanično pušten u rad u predviđenom roku.
Objekat koji je takođe bio specifičan za izvođenje je most preko potoka „Bređa“ koji se nalazi na državnom putu IB-22. Most dužine L=117m je izgrađen 1971.god. a prva sanacija je rađena 1985.god. Visina stubova na sredini mosta iznosi do 30m. Zbog izuzetno lošeg stanja most je bio zatvoren od 2009.godine a saobraćaj se odvijao devijacijom urađenom kao privremenim rešenjem. Velika visina stubova i nepristupačni teren onemogućavali su izradu klasične cevaste skele, zbog čega se došlo na ideju da uradimo viseće skele pomoću kojih smo izvršili sve neophodne radove na sanaciji i most pustili u saobraćaj krajem oktobra 2013.godine.

Ključne reči: *hitan nalog, niske temperature, velika visina srednjih stubova, nepristupačan teren*

1. UVOD

Administrativni prelaz “Jarinje” se nalazi na državnom putu IB reda br.32, Raška – Kosovska Mitrovica. Realizacija ovog projekta je iziskivala značajna finansijska sredstva, kako zbog topografskih, ekoloških i drugih uslova, tako i zbog obaveze da se administrativni prelaz dovede u funkciju u veoma kratkom roku.

Kapacitet postojećeg kontrolnog punkta “Rudnica” je bio utvrđen za funkcionisanje na nivou privremenog rešenja. Svi poslovi koji su se obavljali na postojećem punktu su se odvijali u neadekvatnom prostoru i neadekvatnim uslovima za rad.
Na osnovu naloga Investitora, Vlade Republike Srbije, predviđena je izgradnja novog administrativnog prelaza lociranog na mestu koje je određeno na sastancima tehničko-radne grupe.
Lokacija prelaza je karakteristična po izuzetno nepovoljnim uslovima za projektovanje i ispunjavanje zahtevanih elemenata, kako zbog postojeće topografije terena - velike denivelacije terena, tako i zbog uzanog prostora na kojem je trebalo smestiti zahtevanu infrastrukturu.

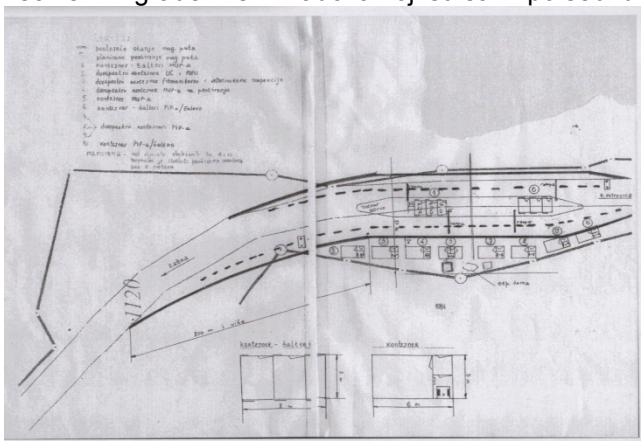
Na drugoj strani, 2009.godine urađena je devijacija kod mosta na potoku „Bređa“ kao privremeno rešenje za odvijanje saobraćaja dok se ne izvrše radovi sanacije mosta. Prilikom obilaska mosta Bređa 2010.god.utvrdili smo da je most prilično oštećen i da sanacija mosta nije uopšte jednostavna, kako zbog visine stubova,tako i zbog same činjenice da naše preduzeće do sada nije imalo slična iskustva na radovima ovakve vrste.

2. IZVOĐENJE RADOVA NA ADMINISTRATIVNOM PRELAZU „JARINJE“

Prilikom otpočinanja radova 25.11.2012.godine od cele dokumentacije posedovali smo samo dve skice, pa je bilo neophodno da se izvrši snimanje postojećeg stanja terena. Zbog hitnosti završetka posla na platou, trazili smo da Investitor odnosno Nalogodavac dostavi podake o imenovanju nadzornog organa kao i da se što pre otpočne sa izradom projekta na osnovu kojeg bi izvodili radove. Tek nakon naše intervencije

[1] Autor zadužen za korespodenciju: email

projektanti su došli 29.11.2012. godine, i oni su, nakon što su sagledali stanje na terenu, preko noći uradili radne crteže projekta platoa.
Imajući u vidu zahteve sa sastanaka TRG, situaciono rešenje administrativnog prelaza je isprojektovano u cilju efikasnijeg funkcionisanja samog administrativnog prelaza. Na samom terenu su se sagladavale mogućnosti da se ispoštuju traženi zahtevi za maksimalno korišćenje postojećeg platoa, u cilju smanjenja već velikih građevinskih radova koji su sami po sebi bili neophodni.



Slika br.1: *početna skica- situacija*



Slika br 2: *Početna faza izvođenja radova*

Predviđena je izrada četiri saobraćajne trake za kombinovan automobilsko – teretni saobraćaj sa po dve trake za svaki pravac kretanja.
Izmeštanje osovine državnog puta uslovljeno je zatečenim stanjem postojećeg terena. Zbog postojeće konfiguracije, odnosno postojeće stenske mase sa leve strane puta u smeru od Raške javila se potreba za pomeranjem osovine postojećeg puta tako da je novoprojektovano fizičko ostrvo locirano uz postojeću ivicu puta. Pažljivim analiziranjem zaključeno je da bi građevinski radovi na rušenju stenske mase i iskopa bili izvodljivi, ali bi iziskivali veći utrošak vremena, a to je u tom trenutku bio jedan od ograničavajućih faktora.

Potrebno je napomenuti da se samo situaciono rešenje menjalo i prilagođavalo iz dana u dan, kako su tekli građevinski radovi. Prenošenjem podataka iz projekta na teren konstantno je vršeno usaglašavanje i prilagođavanje rešenja na osnovu dodatnih zahteva ostalih službi koje su bile angažovane od strane Investitora na uspostavljanju prelaza. Potrebno je posebno naglasiti da je izvođenje građevinskih radova bilo izuzetno teško, kako zbog veoma kratkih rokova, tako i zbog vremenskih (ne)prilika koje su bile zastupljene za vreme izvođenja radova.

2.1. POPREČNI PROFIL

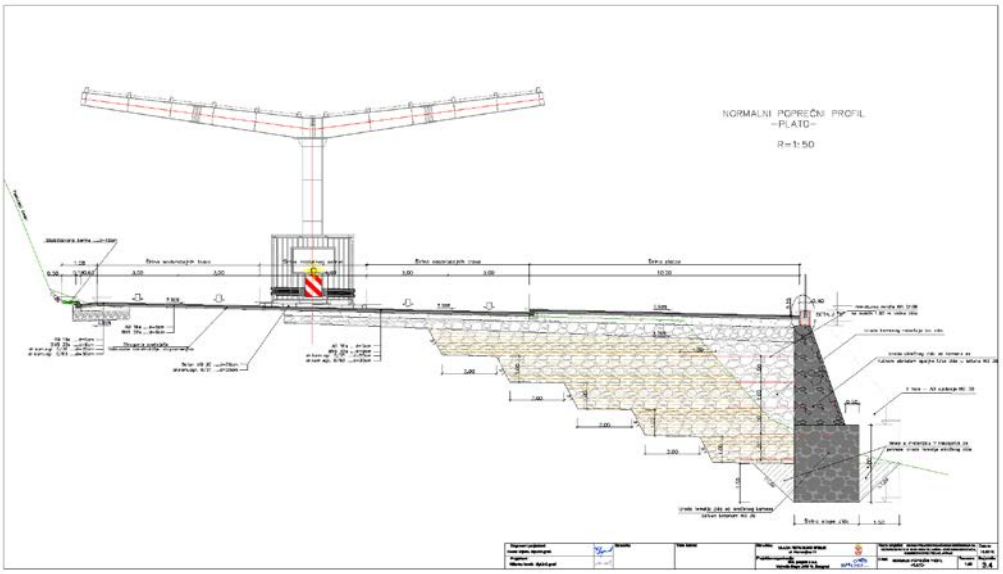
Za specifičnu geometriju administrativnog prelaza dat je normalni profil sa detaljno prikazanim slojevima i detalji koji su predviđeni na prelazu kada su u pitanju saobraćajne površine. Slojevi kolovozne konstrukcije koji su primenjeni na proširenjima puta su :

- Asfalt-beton AB 11s…….....…….d=5 cm
- Bitumenizirani noseći sloj BNS 22 sA.....….d=9 cm
- Drobljeni kameni agregat 0/31,5…..……...d=20 cm
- Drobljeni kameni agregat 0/63……..……..d=30 cm

Usvojena kolovozna konstrukcija je TIP 1 – fleksibilna kolovozna konstrukcija sa nosećim slojem od nevezanog zrnastog materijala.

Kolovozna konstrukcija na ostrvu :

- Beton MB 30 ……..……...d=20 cm
- Drobljeni kameni agregat 0/31.5…….d=20 cm



Slika 3. *Normalni poprečni profil puta i platoa*

Niveleta administrativnog prelaza postavljena je u proseku 5 cm iznad postojećih asfaltnih slojeva kako bi se na taj sloj plasirao završni sloj asflt-betona.

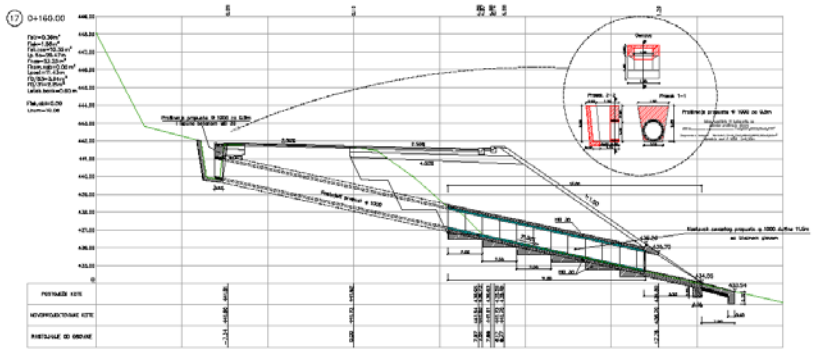
Poprečni nagib na postojećoj saobraćajnici je ip=2.50%, tako da je taj isti poprečni nagib zadržan na svim saobraćajnim površinama. Plato za smeštaj kontejnerskih kućica i ostale infrastrukture je projektovan u jednostranom padu od ip=2,50% prema obložno-potpornom zidu u cilju lakšeg rešavanja sistema odvodnjavanja.

2.2. ODVODNJAVANJE KOLOVOZA

Kako se kod platoa adminstrativnog prelaza radi o zatvorenom sistemu, pri čemu je čitav prelaz oivičen betonskim ivičnjacima, tako se javila potreba za izradom atmosferske kanalizacije. Odvodnjavanje sa kolovoza je predviđeno poprečnim i podužnim nagibima. Za prijem vode predviđena je izrada sistema sa bubanj slivnicima duž celog platoa sa slivničkim vezama od PVC cevi.

2.3. ОБЈЕКТИ НА ТРАСИ

- **Cevasti propusti**



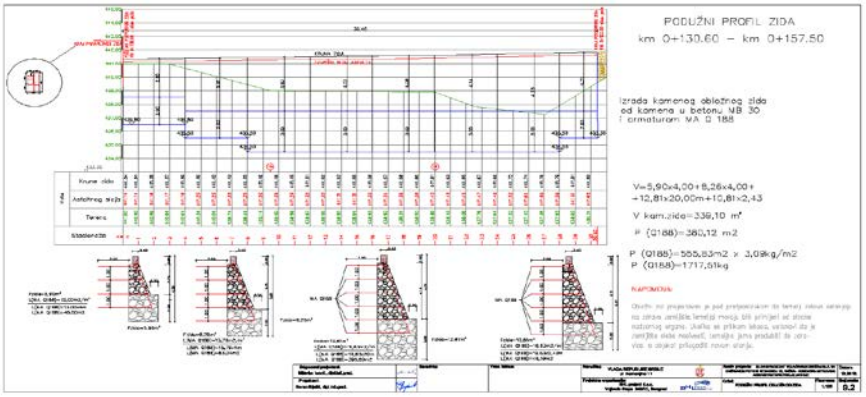
Na užem području u zoni platoa postojala su tri cevasta propusta koje je bilo potrebno adaptirati, odnosno produžiti sa određenim brojem betonskih cevi uz izgradnju izlazne glave propusta kako bi propusti vršili osnovnu funkciju efikasnog odvođenja pribrežne vode.

Slika 4. *Produženje cevastog propusta Φ1000*

- **Obložno-potporni zidovi**

Jedan od najvećih problema prilikom projektovanja, a samim tim i izvođenja radova, predstavljala je postojeća denivelacija terena. Teren karakterišu dve prirodne depresije na malom međusobnom rastojanju. Kao rešenje dato je da se na desnoj strani administrativnog prelaza, izvede obložni zid od lomljenog kamena u ukupnoj dužini od približno 50m.

Zidovi su svrstani u 2 tipa, zavisno od toga koju ukupnu visinu, određenu kotom krune i kotom fundiranja, treba savladati. Kod svih tipova debljina zida u kruni je 40cm, dok sa dubinom ta debljina raste do dimenzije koja zavisi od ukupne visine samog zida – bez stope. Na kruni obložnog zida predviđena je izrada armirano betonskog parapetnog zida dimenzija 0,40m x 0,60m koji je povezan sa kamenim zidom preko ankera.



Slika 5. *Podužni profil obložno-potpornog zida*



Slika br.6:*Početak izrade potpornih zidova od kamena*



Slika br.7:*Izrada završnih radova na kamenom zidu*

Prvim rešenjem projektovani su armirano- betonski zidovi. Radi hitnosti izvodjenja radova na pomenutim zidovima, a na naš predlog projektanti su bili saglasni sa izradom zidova od kamena umesto prehodno projektovanih armirano- betonskih, a sve u cilju što bržeg završetka radova na prelazu. Sama tehnologija izvođenja radova kamenih zidova ogledala se u tome što sa na sloju betona marke MB- 30 ugrađivao sloj kamena. U ovako izvođene zidove procenat učešća obrađenog kamena je 60% a betona 40%, uz obavezno postavljanje mrežaste armature Q188 na spoju kamena i betona. Obzirom da su se radovi izvodili po vrlo niskim temperaturama i da je iste trebalo što brže i kvalitetnije završiti u spravljani beton na bazi su dodavani aditivi za mraz i za brže vezivanje. Ukupna visina ovako urađenih zidova se kretala od 5,5 m do 6,8 m, širine u temeljnoj stopi od 2,5 m i širine u kruni od 0,7 m. Na izradi ovih zidova učestvovao je veliki broj radnika koji su po vrlo hladnom vremenu (temperatura se spuštala i do -20^0 C) i do kasno u noć slagali kamen i ugradjivali beton. Dnevno se ugrađivalo i po 300 m^3 kamena i oko 60 do 70 m^3 betona u zidove, a sve uz pomoć mehanizacije, odnosno vozila koja su na vreme dopremala kamen iz majdana ,,Podstran potok".

Obzirom da je administrativni prelaz Jarinje morao biti zvanično pušten u rad 10.12.2012.godine za nepuna dva dana smo izvršili postavljanje ivičnjaka na ostrvu i betoniranje istog, jer su već pristigli kontejneri koji će služiti za buduće kancelarije. U ovom periodu, zbog pojave snega, smo morali obezbediti veliki broj radnika koji su naizmenično radili na pomenutim pozicijama.



Slika br.8: *Postavljanje ivičnjaka i betoniranje ostrva*



Slika br.9:*Izvođenje radova pri snežnim padavinama*



Istovremeno, sa izradom ovih pozicija bilo je potrebno odraditi i sve potrebne radove ispod kolovozne konstrukcije i to: izrada kišne i fekalne kanalizacije, ptt i elekro instalacija kao i vodovodne mreže. Da bi se ovi radovi izvodili bilo je nepohodno angažovati i podizvođače. Nakon rešavanja problema kako da idu instalacije (podzemno ili vazdušno) radovi od strane podizvođača su u početku tekli sporije i tek nakon više naših intervencija pristupili su bržem izvođenju radova.

Slika br.10: *Postavljanje instalacija*

Obzirom da su se izvodili radovi u decembru mesecu tražili smo stručan savet od Instituta za puteve Beograd za izvođenje asfalterskih radova u zimskim uslovima jer su se temperature kretale i do -20 stepeni. Institut za puteve Beograd je nakon našeg pismenog zahteva dao svoje stručno mišljenje za izvođenje asfalterskih radova u zimskim uslovima i to pridržavajući se sledećih pravila iz tehničkih uslova:

- temperatura podloge prilikom asfaltiranja mora biti iznad $+5^{o}$ C,
- koristiti aditive prilikom asfaltiranja na niskim temperaturama,
- potrebna je jako dobra organizacija posla (dovoljan broj kamiona sa zaštitnim ciradama, dva finišera i dovoljan broj valjaka) kako temperatura asfalta prilikom ugrađivanja nebi spala ispod 130° C,
- povećati učešće bitumena za 0,1 do 0,2% u odnosu na optimalu.

Na osnovu ovako dobijenog uputstva, na već pripremljenoj podlozi od tampona otpočeli smo sa izradom BNS-a d=9 cm. Sa izradom BNS-a na saobraćajnicama administrativnog prelaza Jarinje smo počeli 15.12. oko 15 časova. Radovi na saobraćajnicama su završeni istog dana oko 22 časa i tom prilikom je ugrađeno 535 tona BNS-a u svemu prema uputstvu Instituta za puteve Beograd. Narednog dana ugrađeno je 155 tona BNS-a i 85 tona AB-a na platou.



Slika br.11: *Izrada tamponskog sloja*



Slika br.12: *Izrada sloja BNS-a*



Slika br.13: *Izrada sloja BNS-a noću*



Slika br.14: *Izgled novoizgrađenog AP Jarinje*

U narednom periodu nastavljeno je sa izvođenjem radova na uređenju gradilišta i to na izradi bankina i bermi kao i na postavljanju vetikalne signalizacije.
U januaru mesecu nastavljeno je sa izvođenjem radova na izradi temeljnih stopa za nastrešnicu koja je završena krajem februara. U Aprilu mesecu, kada su se stvorili uslovi za to, urađen je sloj asfalt betona čime su završeni svi radovi na administrativnom prelazu.
Radovi na administrativnom prelazu Jarinje su uspešno i kvalitetno izvedeni uz nesebično zalaganje svih zaposlenih, svih podizvođača i uz veliku pomoć u obezbeđivanju i regulisanju saobraćaja od strane policije.

3. IZVOĐENJE RADOVA NA MOSTU PREKO POTOKA „BREĐA“

Do dobijanja naloga za izvođenje radova na mostu „Bređa“ nismo vršili sanaciju mostova većih raspona i većih visina, već smo radili uglavnom na montažnim mostovima. Najveći most koji smo izvodili je monolitni most preko reke Raške na Obilaznom putu oko Novog Pazara raspona 122m1.
Zbog nedostatka poslova došli smo do zaključka da ne možemo da biramo poslove, da ono što rade drugi možemo i mi da radimo, pa smo se odlučili na hrabar korak da izvršimo sanaciju mosta Bređa koji nam je služio kao opit jer na našem prostoru treba da se vrši sanacija još 11 sličnih mostova.
Most preko potoka Bređa se nalazi na Jadranskoj magistrali na putu IB 22 (M-2). Most je dužine 117,20m sa rasponom od 98,20m. Izgrađen je 1971.god. a njegova prva sanacija je rađena 1985. god. Izvršena sanacija je produžila upotrebni vek mostu sve do 2009.god. kada je posle izgradnje devijacije most praktično zatvoren za saobraćaj.

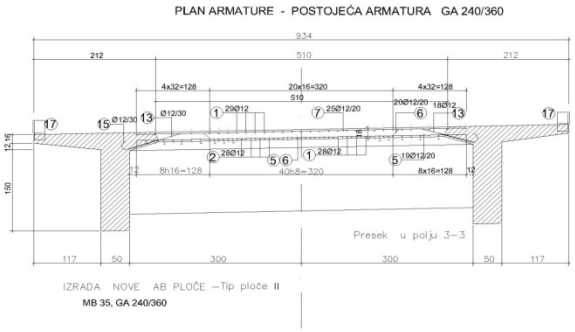


Slika br.15: *Kolovozna ploča mosta pre sanacije*

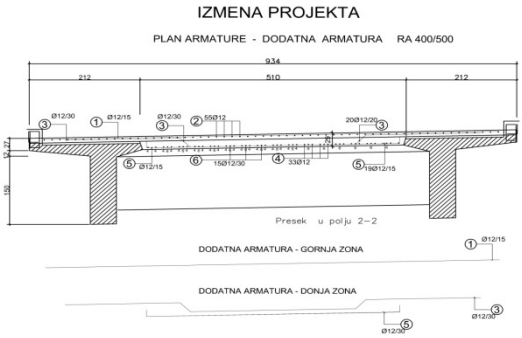


Slika br.16: *Oštećenja kol.ploče i glavnog nosača*

Nakon proučavanja novog projekta sanacije koji je projektovao Institut za projektovanje mostova TRASA – Beograd uvideli smo da je bilo nedorečenosti kod pozicija zamene ili ojačanja oštećene armature mosta, kao i sanacije kolovozne ploče. Suočavajući se sa problemom shvatili smo da moramo za sve što nije definisano projektom sami da iznađemo rešenje u dogovoru sa nadzornim organom, a sve u skladu sa Pravilnikom za beton i armirani beton PBAB-om.

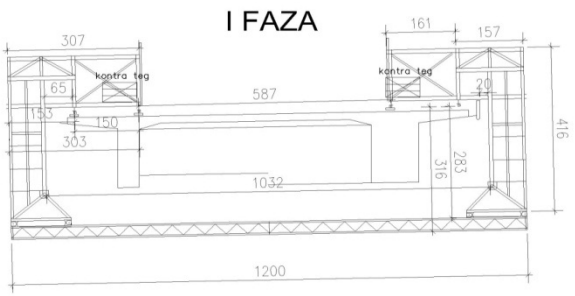


Slika br.17: *Plan armature po prvom rešenju*

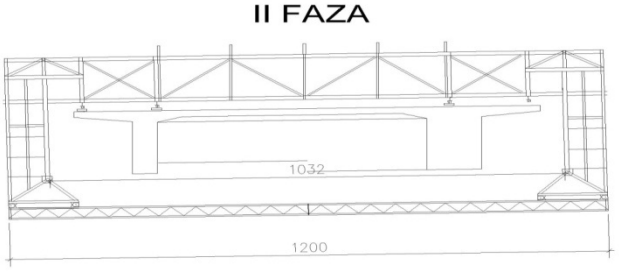


Slika br.18: *Plan armature po izmeni projekta*

Zbog visine stubova koja se kreće od 7 m u blizini obalnih stubova do 30 m na sredini mosta, kao i zbog same činjenice da do sada nismo imali ista ili slična iskustva sa radovima ovakve vrste, neophodno je bilo osmisliti rešenje kako izvršiti sanacije glavnih stubova i kolovozne ploče, pa smo došli na ideju da napravimo viseću skelu koja će nam služiti kao radna platforma sa donje strane mosta.
Skelu smo konstruisali tako da nam odgovara konkretno za sanaciju ovog mosta, a nakon toga napravili smo još jednu takvu skelu tako da smo u podužnom pravcu imali ukupno 2 x 1,60 m tj. 3,20 m dugačku platformu za radove ispod mosta u punoj širini. Pošto je ploča mosta rešena kao niz krstasto armiranih ploča-kaseta sa vutama raspona 5,15 m u podužnom i 6,00 m u poprečnom pravcu, a koje se oslanjaju na glavne i sekundarne nosače, došlo se do ideje da se dva para skela razmaknu na međusobnom rastojanju od 2,00m u podužnom pravcu i da se međusobno spoje kako bi dobili potrebnu dužinu skele od 5 m zbog mogućnosti šalovanja cele kasete. Pa je za takav sistem i rađen statički proračun skele.



Slika br.19: *Viseća skela I faza*



Slika br.20: *Viseća skela II faza*

Dispozicija viseće skele je rešena tako da osigura rad radnika na sanaciji ploče, poprečnih i glavnih nosača kao i da obezbedi nosivost alata i pribora potrebnih za te radove, kao i izradu oplate za kolovoznu ploču.
Sama skela nije predviđena da na bilo koji način osigura betoniranje ploče, tj.predviđeno je betoniranje pomoću viseće oplate koja se kači za poprečne i podužne nosače mosta.

Za statički sistem su predviđene dve prostorne rešetke koje se na gornjem delu vežu cevastom skelom u prostorni „RAM“ koji ima mogućnost pomeranja duž celog mosta. Ramovske rešetke se sastoje od primarne i sekundarne rešetke.
Primarna rešetka se oslanja na most preko točkova kojim se i pomera duž mosta. Ona je masivnije građe od sekundarne rešetke i urađena je od hladnooblikovanih profila 60x40x4mm, U 100x50x5mm i 2xU 100x50x5 mm.
Sekundarna rešetka je zglobno vezana za primarnu sa 4 zavrtnja kl.čv.10.9 prečnika 16mm koji joj u fazi prolaska pored stubova omogućavaju spušanje i podizanje.
Sekundarna rešetka je napravljena od 2 x U100x50x5mm koji su postavljeni jedan prema drugom okrenuti nožicama i vezani sa dve rešetke R 20 ø 14mm zavarene za „U“ nosače zajedno čineći prostornu rešetku visine 300mm sa pojasnim štapovima 2 xU100x50x5 i dijagonalama ø 14 mm punog popr.preseka.
Rešetke se montiraju u dve faze kako je dato u crtežima. Treću fazu čini spuštanje-otvaranje i podizanje-zatvaranje konzolnih rešetki tokom pomeranja rešetke pored stubova mosta.



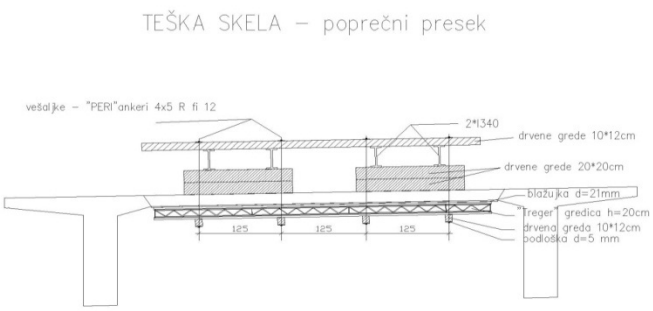
Slika.br.21: *Viseća skela*



Slika br.22: *Viseća skela - radna platforma*

Sve ovo što je zamišljeno i statičkim proračunom potvrđeno isprobali smo u u krugu naše radne jedinice Mehanizacije na improvizovanoj platformi koja je imala ulogu mosta. Jednu polovinu skele smo okačili o platformu a zatim probali kakvo je njeno ponašanje pri pomeranju kao i opterećenju radnicima.
Komisija, kao i kolege i stručni konsultanti iz drugih preduzeća su nam dali pozitivno mišljenje i podršku na samoj ideji montaže i demontaže skele, kao i o bezbednosti radnika pri radu na samoj skeli. Posle montiranja viseće skele na mostu, od ovlašćene ustanove smo dobili atest (stručni nalaz) o primenjenim merama bezbednosti na radu tj. potvrdu da je skela bezbedna za izvođenje radova na visini, što nam je ujedno bio i najvažniji faktor za izvođenje radova.

Za rešenje noseće skele pri betoniranju kolovozne ploče usvojen je sistem „proste grede“ oslonjene na poprečne nosače mosta preko privremenih oslonaca (drvene grede 20x20 cm). Prostu gredu u podužnom pravcu čine 4(četiri) nosača I 340.
Oplata ploče se oslanja preko tregera visine 20 cm koji su oslonjeni na drvene grede 10x12 cm koje se preko vešaljki („PERI-ankeri“) kače za drvene grede 10x12cm poprečno oslonjene na nosače I 340.
Statički proračun za I nosače je rađen na osnovu dozvoljenog ugiba.



Slika br.23: *Skica skele za betoniranje ploče*



Slika br.24: *Teška skela za betoniranje ploče*

Projektom sanacije mosta predviđeno je rušenje 8 od ukupno 18 kaseta. Našim predlogom kojeg su prihvatili projektant i nadzorni organ, došlo je do izmena na radovima saniranja mosta.
Najveća izmena je bila kod pozicija saniranja kolovozne ploče mosta. Umesto da ploča ostane debljine 18cm posle sanacije, dogovoreno je da se njena debljina poveća još 10-12 cm tako da izvedena ploče bude debljine 28-30cm, kao i to da se rušenje ploče izvede i na konzolnom delu u sloju debljine 3-5cm do postojeće armature. Takođe je predloženo da se ploča ojača novom armaturom celom površinom otvora rušenja u donjoj zoni, kao i armaturom u gornjoj zoni koja bi išla celom dužinom i širinom mosta, bez obzira na zamenu ili dodatak armature na mestima na kojima je stara armatura oštećena. Ovakvo armiranje bi dodatno ojačalo kolovoznu ploču i obezbedilo bi dobru monolitizaciju starog i novog betona.
Radovi na mostu su počeli kao što je i planirano 03.09.2012.god. i rađeno je na pozicijama skidanja asfaltne podloge i kamenih ivičnjaka kao i rušenja betonske ploče.
Gradilište su na naš zahtev obišli odgovorni projektant i nadzorni organ i tom prilikom je definitivno dogovoreno oko izmene projekta.
Što se tiče sanacije podužnih i poprečnih nosača prihvaćen je naš predlog da se na mestima na kojima su se otvorile rupe sa donje strane sanacija izvede tako što će se :

- Oštećeni sloj betona skinuti u debljini do zdravog betona
- Armatura koja je zahvaćena korozijom ispeskariti i zaštititi antikorozivnim sredstvima
- Nosač armirati dodatnom armaturom sa donje strane kao i do ½ sa ankerima
- Zašalovati i izbetonirati eksmalom u debljini 7-8cm

Predlog je prihvaćen jer klasičnim malterisanjem nisu mogle biti napunjene rupe u nosačima sa donje strane koje su ostale iz razloga guste armature.
Sve ovo je predloženo iz razloga povećanja veka upotrebljivosti objekta posle završene sanacije**.** Svi naši predlozi su prihvaćeni i tako smo i počeli sa radovima.



Slika br.25: *Podužni nosač (pre sanacije)*



Slika br.26: *Podužni nosač (sanacija)*

Kako je usko grlo bila pozicija betoniranja kolovozne ploče, kao i činjenica da se pri betoniranju u hladnijim danima gubi efekat pojave prslina u betonu usled brzog gubljenja vode-isparavanja odlučili smo da damo akcenat na poziciju betoniranja kolovozne ploče.



Slika br.27:*Oplata za betoniranje ploče(sa donje strane)*



Slika br.28: *Betoniranje ploče*

Posle betoniranja prve kasete koja je završena za deset radnih dana umesto za planiranih šest, javila se potreba za izmenom tehnologije izvođenja radova.

Na ostvarenje planirane dinamike najviše je uticalo prekoračeno vreme zadržavanja oplate i nege betona a sve zbog postizanja tražene marke 24,5 Mpa što je 70% od projektovane marke MB35 koja je bila niža od planirane za 3 dana nege betona. Zbog toga smo promenili cement, tako da umesto Kosjerićkog Titan cementa koristimo Popovački Holcim čisti portland cement koji ima karakteristike većeg prirasta čvrstoće u kraćem vremenskom periodu.
Takođe je bilo neophodno da se radi sa dva para oplate i dva para nosača teške skele, a da ostane jedna radna skela koja će koristiti naizmenično na oba para oplate i teške skele.
Radovi su se ukolotečili posle betoniranja druge kasete tako da vreme betoniranja jedne kasete traje 6 radnih dana, ne uzimajući u obzir rušenje kasete, jer se rušenje naredne kasete radilo dok se izvode radovi na betoniranju prethodne kasete.
Zbog snežnih padavina i niskih temperatura radovi su prekinuti krajem decembra 2012.god. i nastavljeni su tek u julu 2013.god. iz razloga što je nalog za nastavak radova kasnio.
Urađena je nova dinamika izvođenja radova po kojoj je asfaltiranje mosta planirano 29. oktobra 2013.god.
Tada se činilo da nećemo stići da završimo radove u 2013 god.jer smo po dinamici sa ovako velikim kašnjenjem nastavka radova, betonske radove trebali da završimo u mesecu novembru kada bi bilo rizično raditi izolaciju betonske ploče mosta pa je traženo rešenje kako da se radovi ubrzaju i ispoštuje nova dinamika. Došli smo do rešenja da napravimo još jedna manju viseću skelu širine 3 metra koja će služilti za radove na sanaciji i premazivanju betonskih površina zaštitnim premazom kao i postavljanju venaca i betoniranja pešačkih staza.
Skela je, kao i prethodna, urađena u radnoj jedinici Mehanizaja u rekordnom roku za svega 6 dana. Na ovoj skeli su otklonjeni praktično svi nedostaci koji su uočeni tokom izvođenja radova na prvoj skeli. Korišćena su iskustva radnika, majstora, šefa gradilišta i vodećih ljudi RJ Mehanizacija kako bi se poboljšala bezbednost radnika pri radu na skeli, rukovanje samom skelom, tj.premeštanje, otvaranje i zatvaranje skele. Takođe su na prvoj skeli urađene manje prepravke u cilju smanjenja vremena trajanja prebacivanja iz polja u polje, kao i prepravke vezane za pomeranje skele nakon betoniranja pešačke staze. Vreme potrebno za prelazak skele iz polja u sledeće polje smanjeno je na svega jedan dan (ranije je bilo potrebno 2 dana za tu operaciju).



Slika br.29:*Otvaranje skele-prelazak u drugo polje*



Slika br.30:*Prebacivanje u drugo polje(donja strana)*

Osim sanacije kolovozne ploče predviđene su i sanacije u polju i to:

1. sanacije oštećenih zaštitnih slojeva betona greda i ploča na kojima armatura nije oštećena
2. sanacije lokalnih oštećenja betona,
3. sanacije zaštitnih slojeva betona greda i ploča na kojima je armatura oštećena
4. injektiranje prslina.



Slika br.31:*Sanacija oštećenih zaštitnih slojeva*



Slika br.32:*Premazivanje betonskih površina*

Dinamika izvođenja radova u početku je rađena na osnovu nekih pretpostavki i konsultacija sa nadzornim organom koji je imao iskustva sa ovakvim radovima.
Dinamika za 2013.god. je praćena dan za dan, prepravljena je i vidno se razlikovala u odnosu na dinamiku u 2012.god, bila je potkrepljena iskustvima iz 2012.god. ali je takođe bila prilagođena novim uslovima i potrebama na gradilištu kao na pr.:

- povoljni uslovi radova karakteristični za letnje vreme
- potrebe da se radovi završe u 2013 god.

Osnovni razlog zbog čega je rađena, praćena dan za dan i na kraju ispoštovana dinamika je naša obaveza kao izvođača radova da završimo most u zadatom roku.
Na osnovu planirane dinamike za mesec avgust trebalo je da se izvrši betoniranje četri AB ploče. ali je zbog hitnosti radova izvršena korekcija dinamičkog plana za mesec avgust gde je trebalo izvršiti betoniranje sedam AB ploča. Betoniranje svih ploča je predviđeno u zadnjoj nedelji avgusta a završeno je sa dva dana zakašnjenja zbog loših vremenskih uslova. Negu betona smo radili tako što smo ploče polivali vodom posle 4-5 sati od ugrađivanja i održavali 4-7 dana u zavisnosti od vremena. Beton smo u vlažnom stanju održavali tako što smo vršili pokrivanje ploče nakvašenim geotekstilom preko koga smo postavili najlon.
Izradom skele br.2 omogućeno je paralelno saniranje podužnih i poprečnih nosača kao i izrada pešačkih staza i ugradnja montažnih venaca. Ovakvom organizacijom neophodno je bilo formirati grupe od kojih će jedna raditi na sanaciji nosača a druga na izradi pešačkih staza i montaži venaca, dok je treća grupa nezavisno radila na skeli br.1 na rušenju i betoniranju kolovoznih ploča. Sve ovo je moralo da se organizuje tako da nijedna grupa ne smeta drugoj a da ujedno po dinamici izvršava svoje pozicije posla kako bi naredne grupe mogle da nastave radove na svojim pozicijama.
Montažni venci su trebali da se kao gotov proizvod dopreme od prizvođača („Putevi“ Užice). Zbog njihove nemogućnosti da izrade potrebne količine montažnih venaca i usporavanja dinamike, montažni venci su

izlivani od strane radnika radne jedinice Gradnje. U RJ Gradnja napravljeni su kalupi 2x15 komada za šta je bio zadužen majstor sa još tri radnika.
Kod izvođenja ove pozicije radnici su bili vezani siguronosnim užadima koja su bila vezana za kolovoznu ploču preko ankera i armaturnih šipki, a ujedno je vršeno i šalovanje i betoniranje pešačke staze.



Slika br.33:*Ugradnja montažnih venaca*



Slika br.34*:Betoniranje pešačke staze*

Nakon izvršenih radova na sanacijama i betoniranju planirana je izrada hidroizolacije za prvu polovinu mosta. Po planiranoj dinamici hidroizolacija je trebala da se izvede u prvoj nedelji oktobra što je i ostvareno, a što je omogućilo otvaranje naredne pozicije radova - postavljanje ivičnjaka, a nakon toga postavljanje odbojne ograde.



Slika br.35:*Izrada hidroizolacije*



Slika br.36:*Postavljanje odbojne ograde*

Po planiranoj dinamici asfaltiranje mosta je trebalo da se izvrši 29.10.2013.godine a radovi su izvedeni 25.10.2013.godine. Nakon toga je izvršeno ispitivanje mosta koje je radio Institut za puteve. Za postavljanje mernih trake su, zbog velike visine, morali da angažuju alpiniste.



Slika br.37*:asfaltiranje mosta Bređa*



Slika br.38*:Ispitivanje gotovog mosta*

I pored pojačane kontrole gradilišta od strane lica zaduženog za zdravlje i bezbednost na radu, generalni direktor je svojim obilascima vršio ličnu kontrolu primenjivanja mera bezbednosti na ovom gradilištu, pa je jednom prilikom prekinuo radove na gradilištu i pokrenuo pravne mere za odgovorno lice.
U cilju zaštite radnika je montirana i odbojna ograda na prvoj polovini mosta čim su završeni radovi koji su bili neophodni za njenu montažu.
Svi radovi koji su izvedeni bili u skladu su sa elaboratom o bezbednosti na radu, koji je rađen posebno za ovo gradilište.
U elaboratu postoji uputstvo za bezbedan rad, sa kojim su lice zaduženo za bezbednost na radu i šef gradilišta upoznali sve zaposlene na ovom gradilištu.
U više navrata republička inspekcija je obilazila gradilište i kontrolisala primenu mera iz ovog elaborata, o čemu imamo zapisnike po kojima nije bilo primedbi u vezi sa bezbednošću na radu.

4. ZAKLJUČAK

Specifičnosti izvođenja radova na oba projekta se ogledaju u tome što obuhvataju ceo proces: od projektovanja i izmene projekta do puštanja objekata u saobraćaj, a sve to u karakterističnim uslovima i sa dinamikom koja je svakodnevno praćena i na kraju ispoštovana.

Proces projektovanja, izvođenja radova i samo prisustvo na gradilištu, na izgradnji administrativnog prelaza Jarinje predstavlja veliko i neprocenjivo iskustvo. Prilikom projektovanja javljali su se razni problemi koji nisu karakteristični za klasičnu izradu projekata. Skoro u isto vreme, radovi su se odvijali kako na projektovanju tako i na samoj realizaciji na gradilištu zbog izuzetno kratkih rokova za završetak radova. Usaglašavanje i unapređivanje projektnih rešenja vršeno je na samom terenu da bi se kao rezultat na kraju dobilo kvalitetno rešenje, kojim su ispunjeni svih postavljeni zahtevi nadležnih organa iz tehničko-radne grupe. Uz dobru organizaciju i koordiniran rad na malom prostoru je radio veliki broj radnika i mašina, radilo se na više pozicija istovremeno i sve to na ekstremno niskim temperaturama. Na kraju su završeni svi radovi u zadatom roku i ispoštovani su svi uslovi kvaliteta zahtevani važećim standardima.

Radovi koje je trebalo izvršiti na sanaciji mosta preko potoka Bređa su specifični i visokorizični,a u preduzeću A.D.“ Novi Pazar-put“, kao ni u ostalim preduzećima sa kojima smo imali kontakte niko nije imao iskustva sa ovakvim radovima. Na ovom objektu je radio tim mladih ljudi koji je uz sebe imao starije kolege koji su svojim velikim iskustvom pružali nesebičnu pomoć i podršku zahvaljujući kojoj su ovi radovi izvršeni kvalitetno i u zadatom roku a pri čemu je najbitniji zadatak bio zaštita radnika na svakoj poziciji posla i u svakom trenutku. Entuzijazam i želja za dokazivanjem tima madih inženjera na čelu sa Edinom Ljajićem,dipl.građ.inž., iskustvo i podrška starijih kolega sa generalnim direktorom Izetom Ljajićem na čelu i veliki trud i zalaganje radnika i svih uključenih u realizaciju ovog projekta su doprineli da ovaj uspešno realizovan projekat dostojno reprezentuje mogućnosti i sposobnosti našeg preduzeća.

Literatura

- **KNJIGE:**
  [1] Procesi u realizaciji gradilišta - interni seminar u preduzeću AD”Novi Pazar-put”

  [2] Elaborat izvođenja radova na sanaciji mosta preko potoka Bređa

INTERNA KONTROLA KVALITETA U LABORATORIJAMA

Vesna Šijaković[1]
Institut za puteve, a.d.Beograd, Laboratorija za geomehaniku, e-mail:institutzaputeve@open.telekom.rs

Rezime:

Kvalitet, kao trajno opredeljenje laboratorije, a u cilju dobijanja pouzdanih i verodostojnih rezultata ostvaruje se kroz dosledno sprovođenje referentnih standarda, usvojene politike kvaliteta, uputstava i dokumenata QMS...

Interna kontrola kvaliteta predstavlja kontinuirano i kritičko praćenje sopstvenih analitičkih procesa i redovnih radnih aktivnosti laboratorije. Kontrola obuhvata analitički proces od ulaska uzorka u laboratoriju do izdavanja izveštaja o ispitivanju ili kontrolu samo kritičnih delova analitičkog procesa.
Kontrola kvaliteta je postupak kojim se proverava prihvatljivost dobijenih rezultata ispitivanja pri čemu je najvažnije sredstvo u kontroli kvaliteta upotreba kontrolnih karti.

Ključne reči: *politika kvaliteta, kontrola kvaliteta, kontrolne karte.*

1. UVOD

Bitan faktor koji utiče na izgradnju i održavanje puteva je kvalitet ugrađenog materijala.
Kvalitet potencijalnog građevinskog materijala naveden je u našoj tehničkoj regulativi kroz definisanje vrednosti, zahtevanih fizičko-mehaničkih parametara, pojedinačnih tipova materijala.
Laboratorijska ispitivanja se pri tom sprovode u cilju provere podobnosti materijala za ugradnju.

U ovom radu prikazane su osnovne karakteristike kontrolnih karti kao jednog lakog i jednostavnog metoda kontrole kvaliteta koji može biti primenjen u bilo kojoj laboratoriji u meri koja je primerena njenim potrebama.
Dati su ciljevi kontronih karti, zahtevi za kvalitet analitičkog rada, principi izrade, navedeni su najčešći tipovi kontrolnih karti kao i upotreba rezultata kontrolnih karti.

Analitička kontrola kvaliteta može biti interna i eksterna (učešće u testovima osposobljenosti Pt-šeme).
Interna kotrola kvaliteta je neophodna da bi se osigurala usklađenost performansi postupka merenja i ispunio zahtev standarda SRPS ISO/ IEC 17025 (2006) u tački 5.9 koji se odnosi na obezbeđenje poverenja i kvaliteta rezultata ispitivanja.

Labotorija mora da poseduje procedure kontrole kvaliteta radi praćenja valjanosti obavljenih ispitivanja. Dobijeni podaci moraju se zapisati tako da se mogu detektovati trendovi i, gde je pogodno, moraju se koristiti statističke tehnike za preispitivanje rezultata. Podaci kontrole kvaliteta moraju biti analizirani, i gde se pronađe da su izvan unapred definisanih kriterijuma, moraju se primeniti planirane mere za otklanjanje problema i sprečavanje pojavljivanja nekorektnih rezultata u izveštaju.

Interna kontrola kvaliteta je redovna provera dela ili celog procesa merenja i sastoji se od postupaka koje sprovodi laboratorisko osoblje u cilju kontinuirane procene kvaliteta rezultata dobijenih analitičkim postupkom. Ona mora biti na takvom nivou da može dokazati valjanost rezultata ispitivanja.
U nekim slučajevima, internom kontrolom kvaliteta, može se obuhvatiti deo procesa merenja, na primer redovno proveravanje opreme (medjuprovere, vage...), proveravanje znanja osoblja - obuka....

2. CILJ INTERNE KONTROLE

Cilj interne kontrole kvaliteta je da se:

- identifikuju katakteristike procesa ispitivanja koje se mogu procenjivati kroz podatke kontrole kvaliteta
- računski odrede karakteristike procesa ispitivanja (tačnost, preciznost, detekcioni limiti..)
- procene trendovi koji se mogu pratiti kroz karte kontrole kvaliteta i daju predlozi za unapređenje merenja
- uspostave planovi kako uvesti internu kontrolu kvaliteta u laboratoriju

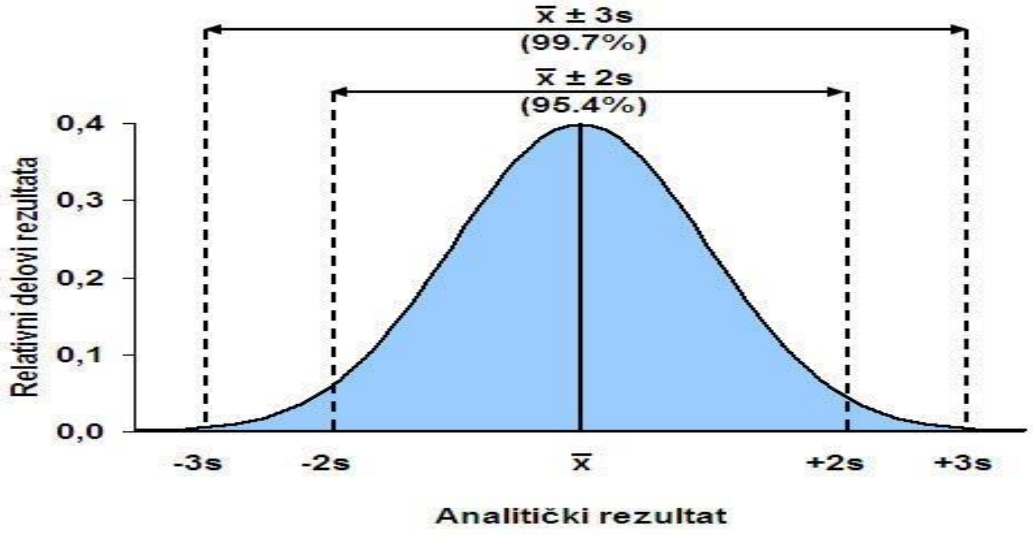
[1] Vesna Šijaković: vesnasijakovic@gmail.com

Najvažnije sredstvo u internoj kontroli kvaliteta je upotreba kontrolnih karata. Pretpostavka je da se za obradu kontrolnih podataka koriste statističke metode koje se zasnivaju na krivoj normalne distribucije.

Na osnovu normalne distribucije možemo izračunati teoretsku rasprostranjenost rezultata oko aritmetičke sredine (*slika 1)*. Oko 95 % od svih rezultata će biti smešteno unutar srednje vrednosti ± dve vrednosti standardne devijacije,dok će 99.7 % od svih rezultata biti smešteno unutar srednje vrednosti ± tri vrednosti standardne devijacije. Ova svojstva se primenjuju kod pravljenja kontrolnih karata.

Kada su rezultati normalno distribuirani, aritmetička sredina *(x)* je definisana kao maksimum krive. Oblik krive normalne distribucije zavisi od rasprostranjenosti rezultata analiza, to jest unutar laboratorijske reproduktivnost. Loša reproduktivnost daće veliku standardnu devijaciju, i pripadajuća kriva je široka. Ukoliko je reproduktivnost dobra, standardna devijacija je mala i kriva će biti uska. Pozicija maksimuma predstavlja tačnost analize. Kada se korisniku izveštava unutar laboratorijska reproduktivnost, normalno se izveštava sa nivoom poverenja od 95 %, što je ± dve vrednosti standardne devijacije. To znači da u proseku 19 od 20 rezultata mora biti unutar opsega.

Slika 1. prikazuje krivu normlane distribucije koja predstavlja verovatnoću da će rezultat biti smešten unutar datih granica (x je vrednost aritmetičke sredine, s je standardna devijacija).



Slika 1. *Kriva normlane distribucije*
Source: NORDEST izvestaj TR 567

3. ZAHTEVI ZA KVALITET ANALITIČKOG RADA

Kvalitet je relativan koncept koji se može komentarisati samo na osnovu načina upotrebe podataka. Dobar kvalitet podataka je onaj koji odgovara nameni i unapred dogovorenim ciljevima kvaliteta. Ciljevi kvaliteta podataka su kvalitativne i kvantitativne specifikacije koje se koriste da bi se ograničila nesigurnost rezultata na prihvatljiv nivo, uzimajući u obzir ono što je izvodljivo sa raspoloživim resursima.

Ukoliko ciljevi kvaliteta ili zahtev za kvalitet nisu postavljeni od strane krajnjih korisnika, nacionalnih ili regionalnih nadležnih organa za uobičajene analize, ili nisu razvijeni za specifičnu namenu, sledeća pravila mogu biti od pomoći.

- Zahtev za limit detekcije je deseti deo najmanje, limitirajuće vrednosti koja bi se merila (LoD) = 0.1 Cmin

- Zahtev za preciznost je maksimum standardne devijacije od 0,05 puta merena vrednost ili 0,25 puta limit detekcije (veća od vrednosti)

- Zahtev za tačnost je da 95% svih merenih vrednosti bude unutar tačne ili referente vrednosti ± vrednost limita detekcije ili 20% od tačne ili referentne vrednosti (veća od ovih vrednosti). Taj zahtev u kombinaciji sa zahtevom za preciznost, odgovara zahtevu za sistemsku grešku manju od 0,5 puta limit detekcije ili 10% od tačne ili referentne vrednosti (veća od ovih vrednosti).

3.1. PRECIZNOST I TAČNOST MERENJA

Preciznost se definiše kao bliskost u slaganju između nezavisnih rezultata merenja jedne veličine koja je višestruko izvedena na istom uzorku pod identičnim unapred utvrđenim uslovima merenja. Po konvenciji se izražava standardnom devijacijom.
Tačnost predstavlja bliskost slaganja rezultata merenja neke veličine sa pravom vrednošću te veličine ili prihvaćenom referentnom vrednošću (pripisanom vrednošću tj. srednjom vrednosti svih izvršenih merenja).

3.2. DISPERZIJA REZULTATA

Za proučavanje disperzije rezultata koriste se 2 kriterijuma, srednja vrednost merenja i standardna devijacija.
Srednja vrednost rezultata je zbir pojedinačnih rezultata merenja / ispitivanja podeljen sa brojem merenja.
Standardna devijacija (procenjena) je mera rasipanja vrednosti slučajno promenljive oko srednje vrednosti, izražene u jedinicama u kojima je izražena i slučajno promenljiva.
Za upoređenje disperzija serija sa različitim mernim jedinicama koristi se relativna mera disperzije, relativna standardna devijacija / odstupanje (RSD).
Ona se računa kao odnos standardne devijacije i srednje vrednosti i neimenovan je broj. Što je relativna standardna devijacija / odstupanje manja, homogenost serije je veća, i obrnuto.

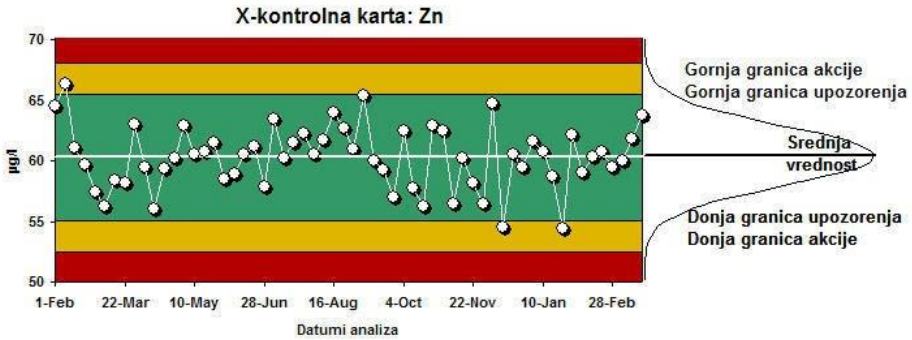
4. INTERNA KONTROLA KVALITETA – KONTROLNI GRAFIKONI

Kontrolne karte su jedan od najvažnijih alata za rutinsku kontrolu kvaliteta merenja u laboratoriji.
Kontrolne karte su vizuelni alati za proveru da li je proces pod statističkom kontrolom, za praćenje procesa merenja i otkrivanje problema merenja. Kontrolna karta je prezentacija podataka u kojoj su kontrolne vrednosti postavljene u odnosu na seriju uzoraka ili vreme.
Uz to služe za dokumentovanje biasa, preciznosti i limita detekcije.
Kontrolne karte daju:
- lak način da se prate vrednosti (kontrolnih) uzoraka
- informaciju da li su rezultati dovoljno dobri
- preglednost, nema mesta za nagađanja i pogađanja, jednostavno se podaci pročitaju iz karte
- podatke upotrebljive za kalkulaciju parametara koji opisuju kvalitet merenja u određenom vremenskom periodu

4.1. PRINCIPI IZRADE KONTROLNIH KARTI

Crtanje kontrolnih karti je moćno i jednostavno sredstvo za dnevnu kontrolu kvaliteta rutinskog analitičkog rada. Osnovu procesa predstavlja to, da laboratorija zajedno sa svojim redovnim uzorcima analizira i kontrolne uzorke. Materijali za kontrolne uzorke mogu biti, interni referentni materijali i kontrolni uzorci ostali iz PT-šema. Neposredno po završetku analitičke serije kontrolne vrednosti se crtaju na kontroloj karti.
Preporuka je da se, kada se izveštavaju kontrolne vrednosti:
- daje jedna značajna cifra više u odnosu na uobičajene rutinske analize
- navedu vrednosti ispod granice izveštavanja (LOQ)
- navedu negativne vrednosti

Slika 2 prikazuje vezu između krive normalne distribucije i kontrolne karte.



Slika 2. *X kontrolna karta*
Source: NORDEST izvestaj TR 567

Centralna linija (CL) u kontrolnoj karti predstavlja aritmetičku sredinu kontrolnih vrednosti ili sertifikovanu vrednost. Sem centralne linije, kontrolne karte uobičajeno imaju četri linije. Dve od njih, takozvane, *granice upozorenja* zauzimaju poziciju na udaljenosti od ± dve vrednosti standardne devijacije od centralne linije (CL ± 2s). Pod uslovom da se radi o normalnoj distribuciji rezultata, oko 95 % rezultata treba da se nalazi unutar ovih granica. Na kontrolnim kartama se takođe crtaju još dve linije na udaljenosti od ± tri vrednosti standardne devijacije od centralne linije (CL ± 3s). Ove linije se zovu *granice akcije* i, pri normalnoj distribuciji, 99,7 % od svih podataka se nalazi unutar ovih granica. Ukoliko je kontrolna vrednost izvan granica akcije, velika je verovatnoća da postoji greška u analizi. U slučaju malog broja kontrolnih analiza, nedovoljnih za normalnu raspodelu, što je mnogo češći slučaj u laboratoriskoj praksi, koristi se Studentova *t* - raspodela.

Granice upozorenja i akcije mogu biti postavljene ili, na osnovu izvođenja metode, preko *statističkih kontrolnih granica,* ili korišćenjem nezavisnih kriterijuma kvaliteta – *ciljne kontrolne granice*

Korišćenjem kontrolnih karti laboratorija će biti upozorena da su kontrolne vrednosti van granica upozorenja ili će biti u stanju da uoči trendove. Ukoliko su vrednosti van granica akcije rezultati se *ne izveštavaju.*

5. RAZLIČITI TIPOVI KONTROLNIH KARATA

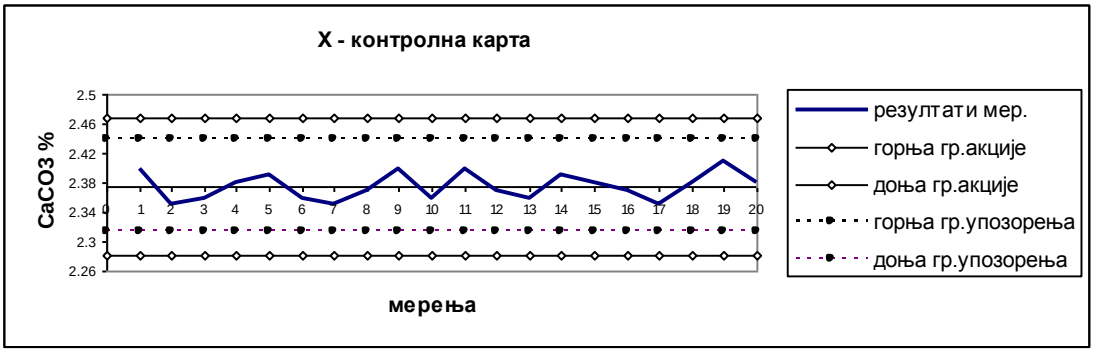
Za internu kontrolu kvaliteta u laboratorijama najvažnije su Shewart-ove kontolne karte tipa:
- X-kontrolne karte
- Opseg-kontrolne karte, R ili r%

5.1. X-KONTROLNE KARTE

X-kontrolne karte imaju centralnu liniju, donju i gornju granicu upozorenja i donju i gornju granicu akcije.
Centralna linija je srednja vrednost kontrolnih vrednosti dobijenih u odgovarajućem dužem vremenskom periodu. Granice su zasnovane na dve odnosno tri standardne devijacije srednjih vrednosti serije.

X-kontrolne karte se zasnivaju na distribuciji kontrolnih vrednosti oko prave ili očekivane vrednosti. Mogu biti korišćene za praćenje kombinacije sistematskih i slučajnih efekata kontrolnih vrednosti, zasnovanih na pojedinačnim vrednostima ili aritmetičkoj sredini više ponovljenih analiza. Ako se koristi referentan materjal sličan rutinskim uzorcima, bias može biti praćen poređenjem aritmetičke sredine kontrolnih vrednosti sa referentnom vrednošću, tokom dužeg vremenskog perioda.

Za izradu kontrolnih karti srednje vrednosti tj. X-kartu (kod koje je kontrolna vrednost srednja vrednost) neophodni su: 20 početnih rezultata; srednja vrednost 20 rezultata (ili očekivana srednja vrednost); standardna devijacija 20 rezultata (S) tj. izračunati 2S i 3S;
- centralna linija je predstavljena srednjom vrednošću ili očekivanom srednom vrednošću
- granice upozorenja (CL ± 2S) i granica akcija (CL ± 3S)

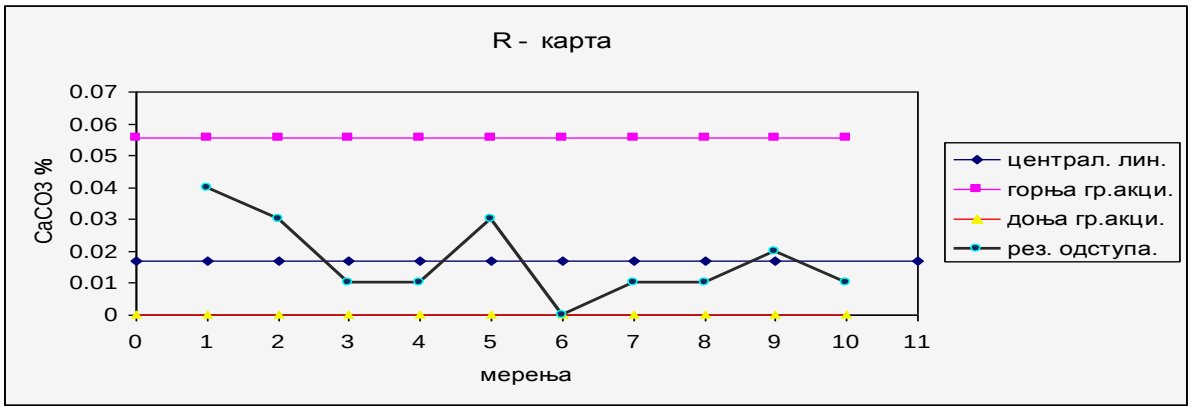


Slika 3. *Kontrolna karta*
Source: Rezultati dobijeni u laboratoriji za geomehaniku Instituta za Puteve a.d.Beograd

5.2. OPSEG KONTROLNE KARTE

Opseg kontrolne karte (R ili r%) u sebi sadrže centralnu liniju, gornju granicu upozorenja i gornju granicu akcije.
Opseg je definisan kao razlika između najvećeg i najmanjeg pojedinačnog rezultata za dva ili više podeljenih uzoraka. Za praktičnu primenu u analitičkoj laboratoriji R - kontrolne karte se koriste samo za određivanje u duplikatu (uzoraka koji se određuju) u svakoj analitičkoj seriji. Dok X-kontrolne karte pokazuju koliko dobro su

kontrolne vrednosti smeštene unutar kontrolnih granica, prvenstvena namena opseg kontrolnih karti se odnosi na kontrolu ponovljivosti.



Slika 4. *Kontrolna karta*
Source: Rezultati dobijeni u laboratoriji za geomehaniku Instituta za Puteve a.d.Beograd

6. PODEŠAVANJE KONTROLNIH GRANICA

Kontrolne granice mogu biti podešene na osnovu karakteristika metode – statističke kontrolne granice ili shodno zahtevu za unutar laboratorijsku reproduktivnost - ciljne kontrolne granice.

6.1. PODEŠAVANJE KONTROLNIH GRANICA U X - KONTROLNIM KARTAMA

Statističke kontrolne granice*:*

Kontrolne granice su podešene na osnovu analitičkih karakteristika kontrolnog uzorka. Za duži period, na primer godinu, standardna devijacija, *s,* se izračunava iz kontrolnih vrednost; Granice upozorenja biće +2 *s* i –2 *s;* Granice akcije biće +3 *s* i –3 *s*;

Ciljne kontrolne granice:

Kontrolne granice su podešene shodno zahtevu za analitički kvalitet. Standardna devijacija za kontrolnu kartu *s,* se procenjuje na osnovu zahteva za s_{Rw} ;Granice upozorenja biće +2 *s* i –2 *s*; Granice akcije biće +3 *s* i –3 *s*;

Centralna linija u kontrolnoj karti može biti izračunata aritmetička sredina kontrolnih vrednosti ili referentna vrednost kontrolnog uzorka. Najčešće se kao centralna linija koristi aritmetička sredina.

6.2. PODEŠAVANJE KONTROLNIH GRANICA U R- KONTROLNIM KARTAMA

Kod opseg kontrolnih karata postoje samo gornje granice - i one su uvek pozitivne. Kontrolne granice mogu biti zasnovane na karakteristici metode - statističke kontrolne granice ili shodno analitičkom zahtevu - ciljne kontrolne granice. Statističke kontrolne vrednosti se izračunavaju iz aritmetičke sredine opsega. Ciljne kontrolne vrednosti se izračunavaju iz standardne devijacije.

Statističke kontrolne granice:
Kontrolne granice su podešene na osnovu analitičkih karakteristika kontrolnog uzorka. Aritmetička sredina opsega izračunava se iz podataka dobijenih tokom dužeg vremenskog perioda. Za ponavljanje (n = 2), s = vrednost aritmetičke sredine opsega/1,128; Centralna linija je aritmetička sredina opsega; Gornja granica upozorenja će biti +2,83 *s*; Gornja granica akcije će biti +3,69 *s*;

Ciljne kontrolne granice: Kontrolne granice su podešene na osnovu zahteva za ponovljivost.
Za n = 2, Centralna linija je 1,128 s; Gornja granica upozorenja će biti +2,83 *s*; Grnja granica akcije će biti +3,69 *s*;

7. UPOTREBA REZULTATA KONTROLNIH KARATA

Podaci dobijeni tokom rutinskih laboratorijskih ispitivanja mogu se pratiti u različitim vremenskim intervalima.

7.1. Dnevna upotreba podataka kontrole kvaliteta

Dnevna upotreba podataka sa kontrolnih karti je momentalna, daje vizuelni pregled, da li je merenje pod statističkom kontrolom ili ne, i da li je nastala velika promena u sistematskim i slučajnim greškama.
Razlikujemo *tri* moguća slučaja:
1) Metoda je *pod* kontrolom
2) Metoda je *pod kontrolom, ali* podaci dobijeni dugoročnom evaluacijom ukazuju da je, u stvari, metoda *izvan statističke kontrole.*
3) Metoda je *izvan* kontrole

1) Metoda je pod kontrolom ukoliko:
- je kontrolna vrednost između granica upozorenja i granica akcije, ali pod uslovom da je u prethodna dva određivanja kontrolna vrednost bila u okviru granica upozorenja
- je kontrolna vrednost u okviru granica upozorenja

U ovom slučaju analitičar *može* da podnese izveštaj sa rezultatima.

2) Metoda je pod kontrolom ali se može smatrati da je izvan statističke kontrole**,** ukoliko su sve kontrolne vrednosti u okviru granica upozorenja (maksimalno da jedna od poslednje tri kontrolne vrednosti bude između granica upozorenja i granica akcije), kao i ukoliko:
- 10 od 11 uzastopnih kontrolnih vrednosti leže sa iste strane centralne linije
- 7 uzastopnih kontrolnih vrednosti imaju postepenu tendenciju rasta ili opadanja

U ovom slučaju analitičar *može* da podnese izveštaj sa rezultatima, *međutim* moguće je da se pojavi problem.

3). Metoda je izvan kontrole, prema kriterijumima (ISO/TR 13530), ukoliko je :
- 1 kontrolna vrednost izvan granice akcije
- 2 uzastopne vrednosti izvan granice upozorenja
- 7 uzastopnih vrednosti sa tendencijom rasta ili opadanja
- dodatni kriterijum:

R – karte: 7 uzastopnih vrednosti je iznad centralne linije
U ovom slučaju normalno je da izveštaj sa rezultatima *ne može* biti podnet. Svi rezultati nakon utvrđene poslednje odstupajuće kontrolne vrednosti moraju biti podvrgnuti proveri, odnosno ponovo analizirani.

7.2. Dugotrajna upotreba podataka kontrole kvaliteta

Podaci iz interne kontrole kvaliteta mogu biti korišćeni na dnevnoj osnovi, ipak, mnogo korisnije informacije se dobijaju sa aspekta analitičkog kvaliteta (karakteristika izvođenja) periodičnom statističkom analizom podataka dobijenih u internoj kontroli kvaliteta. Statistička analiza bi trebala da pokaže da li su granice upozorenja i akcije zasnovane na statistici ili zahtevima kvaliteta. Srednja vrednost, unutarserijska i međuserijska standardna devijacija mogu biti izračunate i poređene sa prethodnim periodom da bi se videlo da li je došlo do promene.
Statistička ispitivanja se izvode za:
- poređenje srednjih vrednosti za dva poslednja perioda korišćenjem t-testa
- poređenjem opsega za dva poslednja perioda preko poređenja korespodirajućih standardnih devijacija koristeći F-test

Ako se uoče značajne razlike u bilo kom od ovih testova, neophodno je u periodičnoj interpretaciji kontrolnih karti promeniti granice akcije i upozorenja, što dovodi do izmene karakteristika performansi predmetne metode. Svaka promena mora biti u skladu sa zahtevima kvaliteta.

Rezultati merenja su predmet grešaka tj. izmerene vrednosti se razlikuju od pravih vrednosti.
Tokom interne kontrole kvaliteta biće uočeno nekoliko tipova grešaka kao što su:

1) Slučajne greške
Slučajne greške predstavljaju razliku između pojedinačnog rezultata merenja i srednje vrednosti od (n) pojedinačnih merenja.Rezultati merenja padaju sa obe strane srednje vrednosti i na taj način smanjuju *preciznost* . Slučajna greška je kvantifikovana i po konvenciji se izražava *standardnom devijacijom*.

2) Sistematska greška merenja (bias)
Razlika između srednje vrednosti (n) pojedinačnih merenja i stvarne vrednosti, one se mogu poznati po konstantnom povećanju ili smanjenju vrednosti rezultata merenja. Kako sistematska greška ili bias rezultata pada, *istinitost raste*.

8. ZAKLJUČAK

Podatci sa kontrolnih karti se osim za kalkulaciju karakteristika izvođenja metoda mogu koristiti i za procenu merne nesigurnosti, validaciju metoda, međuproveru opreme, kao i proveru obučenosti osoblja, primenom X-karti za proveru tačnost, a R-karti za proveru preciznosti u kontroli gradnje...

Sprovođenjem interne kontrole kvaliteta, a u cilju dobijanja pouzdanih i verodostojnih rezultata, laboratorije obezbeđuju veće poverenje u kvalitet samih rezultata ispitivanja i dokazuju da primenjuju principe osiguranja i kontrole kvaliteta.

Posledice nesprovođenja kontrole kvaliteta ugrađenih materijala su brojne (ostavlja se mogućnost ugradnje nepodobnog materijala; posle izgradnje su česte pojave deformacija na kolovozu; pojave klizanja kosina nasipa; pojave velikih sleganja trupa puta; kod objekata pojave deformacija i prslina, itd.). Sve ove pojave pored toga što iziskuju velika novčana sredstava za sanaciju, predstavljaju i pretnju bezbednosti učesnicima u saobraćaju, što samo potvrđuje značaj primene kontrole kvaliteta.

Literatura

[1] NORDEST izvestaj TR 567, (Approved 2008-2), Internal QUALITY CONTROLL.

[2] Centar za obrazovanje QVOLITASS education, 2001. Merna nesigurnost metoda ispitivanja ISO 17025

[3] Instititut for Refence Materials and Measurements,2011,TrainMic - Training in Metrology in Chemistry

[4] SRPS ISO 5725:2004. Tačnost (istinitost i preciznost) mernih metoda i rezultata

[5] Laboratorijska dokumentacija Zavoda za geotehniku,Instituta za puteve a.d. iz Beograda

Безбедност саобраћаја на путевима

Road Traffic Safety

7

ПРИМЕНА ТЕХНИЧКИХ СРЕДСТАВА ЗА УСПОРАВАЊЕ САОБРАЋАЈА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Биљана Вуксановић[1]**,** дипл.инж.грађ.
Слободан Мудреша[2]**,** дипл.инж.саобр.
Владо Ракочевић[3]**,** дипл.инж.саобр.
Ивана Суботић[4]**,** дипл.инж.саобр.

Резиме: *Техничким средствима за успоравање саобраћаја учесницима у саобраћају се физички ограничава брзина кретања возила, односно додатно се упозоравају да брзина којом се крећу није безбедна.*

Циљ овог рада је да дефинише примену техничких средстава за успоравање саобраћаја на државним путевима, у контексту постојеће законске регулативе која обрађује ову тематику, са циљем да се техничка регулатива осавремени и побољша, како би се ова област значајно унапредила са становишта безбедности саобраћаја на државним путевима.

Примењена техничка решења на путној мрежи треба да испуњавају савремене захтеве у погледу активне и пасивне безбедности и такође, морају бити ефикасна и препознатљива за све учеснике у саобраћају.

Кључне речи: *успоравање саобраћаја, безбедност саобраћаја, државни пут*

1. УВОД

Светски трендови у подизању нивоа безбедности саобраћаја на јавним путевима условили су да се питањима безбедности саобраћаја на државним путевима Републике Србије посвети посебна пажња. Техничке мере за успоравање саобраћаја спадају у групу најзначајнијих мера које доприносе подизању нивоа безбедности саобраћаја и најчешће се постављају у циљу заштите немоторизованих, рањивих учесника у саобраћају.

У овом раду је стављен акценат управо на решавање саобраћајних услова у зонама у оквиру насељених места са значајним пешачким токовима, као и на деоницама путева у насељеним местима где је потребно утицати на смањење брзине кретања моторних возила.

Циљ овог рада је да дефинише примену техничких средстава за успоравање саобраћаја на државним путевима, у контексту постојеће законске регулативе која обрађује ову тематику, са задатком да се техничка регулатива осавремени и побољша, како би се ова област значајно унапредила са становишта безбедности саобраћаја.

2. ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА

На тему примене техничких средстава за успоравање саобраћаја на државним путевима постоји одговарајућа законска и подзаконска регулатива.

Чланом 165. Закона о безбедности саобраћаја на путевима („Службени гласник Републике Србије“, број 41/09, број 53/10 и број 101/11) је регулисана тема техничких средстава за успоравање саобраћаја на државним путевима и то:

- „Техничким средствима за успорење саобраћаја у саобраћају се физички ограничава брзина кретања возила, односно додатно се упозоравју да брзина којом се крећу није безбедна.
- Техничка средства за успорење саобраћаја су физичке препреке, вибрационе и шуштеће траке.

[1] Директор Сектора за стратегију, пројектовање и развој, Јавно предузеће „Путеви Србије“, Булевар краља Александра 282, Београд, biljana.vuksanovic@putevi-srbije.rs
[2] Руководилац Одељења за безбедност саобраћаја Јавно предузеће „Путеви Србије“, Булевар краља Александра 282, Београд, slobodan.mudresa@putevi-srbije.rs (*аутор задужен за коресподенцију*)
[3] Главни инжењер за саобраћајну сигнализацију, Јавно предузеће „Путеви Србије“, Булевар краља Александра 282, Београд, vlado.rakocevic@putevi-srbije.rs
[4] Инжењер за безбедност саобраћаја, Јавно предузеће „Путеви Србије“, Булевар краља Александра 282, Београд, ivana.subotic@putevi-srbije.rs

- Техничка средства за успорење саобраћаја морају бити обележена прописаном саобраћајном сигнализацијом.
- Физичке препреке за успоравање саобраћаја дозвољено је поставити само на општинским путевима у насељу. Изузетно, физичке препреке за успоравање саобраћаја могу се постављати на државним путевима у зонама школа, вртића и других објеката поред којих је ради безбедности свих учесника у саобраћају додатно ограничена брзина у насељу.“

Чланом 72. став 4. Правилником о саобраћајном сигнализацији („Службени гласник Републике Србије“, број 26/10) дефинише се примена платформи, као елемената физичких препрека на путевима и то:

- „Пешачки прелази на државним путевима кроз насеља обележавају се обавезно на платформи испред које се уграђују звучне траке.“

Правилник о техничким средствима за успорење саобраћаја на путу („Службени гласник Републике Србије“, број 9/14) ступио је на снагу 07.02.2014. године и њиме се прописује врста, изглед, техничке карактеристике и начин постављања техничких средстава за успорење саобраћаја на путу. Под техничким средсвима за успорење саобраћаја на путу, у смислу овог правилника (члан 3.), подразумевају се:

- Физичкке препреке,
- Шуштеће траке и
- Вибрационе траке.

Под физичким препрекама се подразумевају (чланови 2, 3, 4, 5, 6. и 7.):

- Вештачка избочина – „лежећи полицајац“ је техничко средство за успоравање саобраћаја конвексног профила на коловозу које ограничава брзину кретања возила. Вештачка избочина се поставља под правим углом у односу на осу коловоза. Висина вештачких избочина не сме прелазити 3 cm, 5 cm. (изводе се од гумених или пластичних модуларних елемената) и 7 cm. (може се изводити и од асфалтне или бетонске масе).
- Плато је техничко средство за успорење саобраћаја конвексног профила на коловозу, који се поставља преко целе ширине коловоза и чине га косе прилазне рампе и издигнута плоча. Плато може бити пун или делимичан. Димензије платоа морају бити у складу са стандардом SRPS.U.C1.285. Плато се поставља под правим углом у односу на подужну осу пута појединачно или у низу. Плаато се изводи од гуме, пластике, асфалтне или бетонске масе или комбинације наведених материјала. Косе прилазне рампе платоа морају бити означене рефлектујућим материјалима, а преко пуног платоа може да се обележи пешачки прелаз.
- Сужење коловоза која се добија смањењем ширине саобраћајне траке. Врста, изглед, техничке карактеристике и начин постављања сужења коловоза морају бити у складу са стандардом SRPS.U.C1.283.
- Хоризонтално скретање коловоза се добија трансверзалним померањем осовине коловоза и не садржи прелом нивелете. Врста, изглед, техничке карактеристике и начин постављања хоризонталног скретања коловоза морају бити у складу са стандардом SRPS.U.C1.284.

3. СТАЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА У НАСЕЉУ

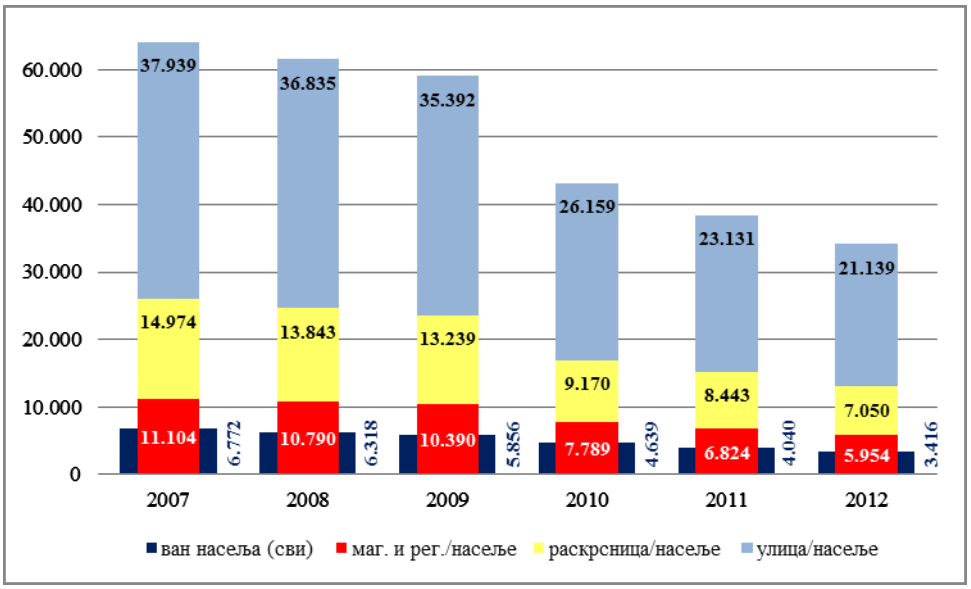
Значајно смањење броја погинулих и повређених лица на јавним путевима у Републици Србији бележи се од 2010. године, са доношењем новог Закона о безбедности саобраћаја на путевима.

Стање безбедности саобраћаја на јавним путевима у Републици Србији према величини јавног ризика (годишњи број погинулих лица на 100.000 становника) износи 9,6 погинулих/100.000 становника (2012. година). Стање безбедности саобраћаја на јавним путевима у Републици Србији према величини саобраћајног ризика (годишњи број погинулих лица на 10.000 регистрованих возила) износи 3,0 погинулих/10.000 регистрованих возила (2012. година).

Према статистичким подацима Агенције за безбедност саобраћаја, стање пута и путне опреме је узрочник 0,35 % свих саобраћајних незгода на јавним путевима. Такође, треба навести да су утицајни фактори у процесу настанка саобраћајних незгода у 2012. години били: непрописна и неприлагођена брзина (33,65 %), која чини више од трећине свих саобраћајних незгода, затим укључивање или непрописне радње возилом у саобраћају (26,84 %), неуступање првенства пролаза (13,29 %), и др.

Просторна расподела саобраћајних незгода у периоду од 2002. до 2012. године указује да се знатно већи број саобраћајних незгода догађа у насељу, како на локалној путној мрежи, тако и на државним путевима у проласку кроз насеље. На Слици 1. је приказано поређење просторне расподеле саобраћајних незгода у насељу, које су приказане детаљније (улица, раскрсница, магистрални или регионални пут у насељу) и свих незгода које су се догодиле на путу ван насеља, било да је државни или локални пут.

Ако се осврнемо само на 2012. годину, примећује се да је број саобраћајних незгода на државној путној мрежи у насељу (5.954 саобраћајне незгоде) већи од укупног броја свих незгода које су се догодиле ван насеља (3.416 саобраћајних незгода). Сходно представљеним подацима, изабрана је и тема рада која предлогом мера треба да помогне у превенцији саобраћајних незгода које се дешавају на проласку државних путева кроз насеље, а које се могу успешно применити и на локалној путној мрежи у надлежности општина. У 2012. години пешаци учествују у 21,8 % од укупног броја погинулих лица на свим путевима Републике Србије.



Слика 1. *Просторна расподела броја саобраћајних незгода у и ван насеља за 2012. годину*

Према „Статистичком извештају о стању безбедности саобраћаја у Републици Србији у 2012. години“, издат од Агенције за безбедност саобраћаја, настрадало је 1.514 деце до 14 година старости. Од укупног броја настрадале деце 16 је погинуло, док је 1.498 деце теже или лакше повређено. Такође се издваја податак да је од укупног броја настрадале деце чак 36,79 % (557 деце) страдало као пешаци.

Један од најзначајнијих пројеката где је истакнут значај мера за успоравање саобраћаја је Пројекат iRAP Србија 2008/2009. године, где је AMCC био носилац пројекта, а реализован је уз помоћ Јавног предузећа „Путеви Србије“, када је снимљно око 3.000 km државних путева.

Пројекат iRAP (iRAP - International Road Assessment Programme) је посебан програм оцењивања путева, који представља специјалан поступак снимања, анализе прикупљених података и оцењивања путева, који је посвећен спашавању живота подизањем нивоа безбедности на путевима.

Пројекат iRAP обухвата више од 70 доказаних опција унапређења пута за креирање приступачних и економски оправданих контра-мера којима се спашавају животи. Ове опције унапређења путева су у распону од нискобуџетних мера као што је саобраћајна сигнализација, до мера за побољшање раскрсница и деоница са опасним кривинама, за које је потребно издвојити више средстава. Реализација предложених контра-мера из Програма iRAP Србија се састојала у решавању оних контра-мера које имају висок однос користи и трошкова, односно где се очекују највећи ефекти на државним путевима.

Једна од најзначајнијих мера је мера успоравања саобраћаја, где се очекује однос користи и трошкова 20. Ова мера је са најзначајнијим коефицијентом односа користи и трошкова на предметном истраживању и предвиђена је на 59 km путева.

Одређене мере за успоравање саобраћаја се најчешће постављају ради заштите немоторизованих учесника у саобраћају. Пројектовање успоривача саобраћаја на путевима имају за циљ смањење брзине кретања возила. Ова решења испуњавају савремене захтеве у погледу активне и пасивне безбедности учесника у саобраћају.

Због тога је у ЈП „Путеви Србије“ развијен Програм безбедности деце у зонама око школа на државним путевима, као један од превентивних начина деловања, који има за циљ унапређење безбедности саобраћаја. У сарадњи са основним школама, Министарством унутрашњих послова, локалним самоуправама и другим институцијама, извршена је детаљна анализа безбедности саобраћаја. Након тога се приступило регулативно-техничким мерама са циљем заштите деце у зонама школа, што је реализовано на преко 50 локација на државним путевима.

Неки од најважнијих реализованих и изведених пројеката регулисања саобраћаја у зонама основних школа на државним путевима у Републици Србији су: Степојевац, Миниђево, Младеновац, Пожега, Нова Варош, Липнички Шор, Прилике, Пецка, Рибник, итд.

4. ПРИМЕНА ТЕХНИЧКИХ СРЕДСТАВА ЗА УСПОРЕЊЕ САОБРАЋАЈА

На мрежи државних путева Републике Србије формиран је велики број насеља. На тај начин се веома често главна градска саобраћајница поклапа са правцем пружања државног пута, уз све последице повећаног саобраћајног оптерећења, са измешаним транзитним токовима и локалним изворно-циљним кретањима.

Примена техничких средстава за успорење саобраћаја на државним путевима је веома значајна, јер се тим мерама санирају критична места где постоји конфликт између моторног и пешачког саобраћаја и где је безбедност рањивих учесника у саобраћају угрожена због веће брзине кретања возила, али и због неадекватне геометрије пута на месту конфликта.

Законска и подзаконска регулатива из домена примене техничких средстава за успорење саобраћаја на државним путевима нису прецизна за практичну примену и углавном су неусаглашена између појединих чланова различитих регулатива.

У периоду до пре 2010. године, када је донет нови Закон о безбедности саобраћаја на путевима, ставови надлежног министарства и управљача државних путева су били да се на државним путевима не могу постављати вештачке избочине („лежећи полицајци“).

Новим Законом о безбедности саобраћаја на путевима дозвољено је да се физичке препреке за успоравање саобраћаја могу постављати на државним путевима у зонама школа, вртића и других објеката поред којих је ради безбедности свих учесника у саобраћају додатно ограничена брзина у насељу.

Напоменуте одредбе Закона стварају одређене дилеме у примени физичких препрека за успорење саобраћаја на државним путевима, односно није прецизно утврђено када се могу примењивати вештачке избочине, платои, сужења коловоза и хоризонтално скретање коловоза.

Захтеви локалних самоуправа у примени постављања физичких препрека за успорење саобраћаја на државним путевима се заснивању углавном на постављању вештачких избочина („лежећих полицајаца“), а скоро никад на примени сужења коловоза и хоризонталног скретања коловоза.

Најдрастичнији пример у примени постављања вештачких избочина („лежећих полицајаца“) је на државном путу I Б реда број 21 кроз насеље Ириг. Деоница државног пута кроз насеље Ириг је са значајним трантитним саобраћајним оптерећењем, поготово са тешким теретним саобраћајем кроз уже градско језгро и са значајним подужним нагибима. После једне тешке саобраћајне незгоде током 2013. године без трагичних последица, тешко теретно возило је ударило у породични стамбени објекат. Мештани су се самоорганизовали, чак су и блокирали деоницу државног пута, и од надлежних локалних и државних институција захтевали постављање вештачких избочина („лежећих полицајаца“). Надлежна путна предузећа су поставили те физичке препреке (Слика 2). Међутим, након кратке експлоатације после примењених мера, мештани сада инсистирају да се уклоне

вештачке избочине („лежеће полицајце“) зато што се ствара несносна бука од кочења тешких теретних возила на наиласку на вештачку избочину, поготово у ноћним часовима.



Слика 2. *Примена вештачких избочина на државном путу I Б реда број 21 кроз насеље Ириг*

Поред тога, одредба Правилника о саобраћајној сигнализацији да се пешачки прелази на државним путевима кроз насеља обавезно обележавају на платформи (као елеменату физичке препреке) је неодржива, јер је у нескладу са важећим Законом о безбедности саобраћаја на путевима, који није дефинисао обавезност у примени физичких препрека на државним путевима.

Наше мишљење је да вештачке избочине („лежећи полицајци“) као елементи физичких препрека за успорење саобраћаја, не треба да се примењују на државним путевима, осим на државним путевима II Б реда са малим саобраћајним оптерећењем (испод 2000. ПГДС).

Са друге стране, платои као елементи физичких препрека за успорење саобраћаја треба да се примењују само на државним путевима II А реда са малим саобраћајним оптерећењем (испод 4000. ПГДС) и на државним путевима II Б реда.

При дефинисању физичких препрека за успорење саобраћаја на државним путевима треба што више инсистирати на примени сужења коловоза и хоризонталног скретања коловоза, као мере у функцији превенција саобраћајних незгода на државним путевима.

На следећој табели дали смо препоруке у примени физичких препрека за успорење саобраћаја на јавним путевима и те препоруке би требало уградити у Правилник о техничким средствима за успорење саобраћаја како би се типизирала примена физичких препрека за успорење саобраћаја.

Табела 1. *Препоруке за примену физичких препрека за успорење саобраћаја*

Врста јавног пута	Вештачке избочине	Платои	Сужења коловоза	Хоризонтално скретање коловоза
Државни пут I А реда (који није аутопут)	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Државни пут I Б реда	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Државни пут II А реда (преко 4.000 ПГДС)	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Државни пут II А реда (испод 4.000 ПГДС)	НЕ	ДА	ДА	ДА
Државни пут II Б реда (преко 2.000 ПГДС)	НЕ	ДА	ДА	ДА
Државни пут II Б реда (испод 2.000 ПГДС)	ДА	ДА	ДА	ДА
Општински пут	ДА	ДА	ДА	ДА

Напоменуте препоруке за примену физичких препрека за успорење саобраћаја на државним путевима се искључиво могу постављати у зонама школа, вртића и других објеката поред којих је ради безбедности свих учесника у саобраћају додатно ограничена брзина у насељу, сходно Закону о безбедности саобраћаја на путевима.

Пакет предложених мера на државним путевима у насељеним местима одражава јасан став управљача државних путева у примени техничких мера, које морају бити ефикасне, типизиране и препознатљиве на целој територији Републике Србије. Такав приступ управљача државних путева је истовремено јасан сигнал локалној самоуправи о начину решавања сличних проблема на којима се општински орган појављује у својству инвеститора, а техничка решења треба формирати у складу са условима Јавног предузећа „Путеви Србије“.

5. ЗАКЉУЧАК

Техничке мере за успоравање саобраћаја спадају у групу најзначајнијих мера које доприносе подизању нивоа безбедности саобраћаја и најчешће се постављају у циљу заштите немоторизованих, рањивих учесника у саобраћају.

У овом раду смо дали препоруке у примени физичких препрека за успорење саобраћаја на јавним путевима које би требало уградити у Правилник о техничким средствима за успорење саобраћаја како би се типизирала примена физичких препрека за успорење саобраћаја на државним путевима.

Сматрамо да вештачке избочине („лежећи полицајци“) као елементи физичких препрека за успорење саобраћаја не треба да се примењују на државним путевима, осим на државним путевима II Б реда са малим саобраћајним оптерећењем (испод 2000. ПГДС).

Платои као елементи физичких препрека за успорење саобраћаја треба да се примењују само на државним путевима II А реда са малим саобраћајним оптерећењем (испод 4000. ПГДС) и на државним путевима II Б реда.

При дефинисању физичких препрека за успорење саобраћаја на државним путевима треба што више инсистирати на примени сужења коловоза и хоризонталног скретања коловоза, као мере у функцији превенција саобраћајних незгода на државним путевима.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Ракочевић, В., Суботић, И., (2014). - 9. Међународна конференција „Безбедност саобраћаја у локалној заједници“, Зајечар 2014.
[2] Antić, B. et al. (2013). The influence of speed bumps heights to the decrease of the vehicle speed – Belgrade experience. Safety Science, 57 (2013), 303–312.
[3] Кукић, D. Et al. (2013). Статистички извештај о стању безбедности саобраћаја у Републици Србији у 2012. години, Агенција за безбедност саобраћаја
[4] Pace, J. F., et al. (2012). Basic Fact Sheet „Pedestrians“. Deliverable D3.9 of the EC FP7 project DaCoTA
[5] Нацрт националне стратегије безбедности саобраћаја на путевима и акционог плана за Републику Србију за период од 2013. до 2020. године. Louis Berger
[6] Закон о безбедности саобраћаја на путевима, „Службени гласник РС“, број 41/09 и број 53/10
[7] www.toolkit.irap.org
[8] www.trafficcalming.org
[9] www.ite.org
[10] www.stat.gov.rs

DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL TRANSPORT ON-BOARD SYSTEMS FOR THE PURPOSE OF TRAFFIC SAFETY INCREASE

Belyaev Eduard, Makarova Irina, Khabibullin Rifat
Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny

Abstract: *One of the most serious problems connected with development of a transport and road complex and the advancing growth of automobilization in many countries is the safety problem. The analysis of road accident reasons shows that their main part both in Russia, and in Europe, occurs because of the driver. This group of reasons unites the term "rash actions" (injudicious action) at which the driver incorrectly estimates either a road situation, or possibilities of the car. Seeking to create "the perfect car", producers don't reflect that complication of a design and increase of technical characteristics repeatedly increase probability of problems emergence at its operation and service. The intellectual on-board system which has to provide realization of feedback not only in system driver - car - road, for the analysis of system current state at regular operation of the car and between the driver and services of fast reaction - at emergence of emergency situations, and also in system car - service station- plant - manufacturer for implementation of its technical condition monitoring and control can reduce risk of emergence.*

Key words*: intellectual on-board systems, operation of cars, safety, reliability*

1. INTRODUCTION

Positive changes in the appearance of the world of transport in the 21st century are accompanied by a number of negative consequences, which include the energy consumption growth and the negative impact on the environment, a growing delays of people and cargoes on all types of transport, which are connected not so much with the objective lack of transport infrastructure capacity, but with a low level of organization and management of transport flows. The scale and significance of these problems are valued as strategic challenges to national and even continental scale.

All of these negative consequences contradict the principles of sustainable development, which the United Nations Commission on sustainable development defined as the society development, allowing to satisfy the needs of present generations without compromising the opportunities left for the future generations to meet their own needs [1]. The UN Commission also defined various aspects of sustainable development principles, among which are the most important principles of sustainable development of territories, as urbanization is one of the key factors influencing the development of the modern world.

The solution found by the Global transport community is not in the creation of systems of transport management, but in the design and implementation of such transport systems, in which the means of communication, control and management natively integrated into the vehicle and infrastructure objects. In the last decade, the phrase «Intellectual Transport Systems» and relevant abbreviations – ITS – became usual in strategic, political and program documents of the developed countries.

In such systems management capabilities (decision-making), based on real-time information that should be available not only to operators engaged in transport management, but also to all participants of road traffic. The task of this system is the integration of interaction of all participants of road traffic: people - transport infrastructure - vehicles with maximum use of advanced information management technologies.

2. The basic directions of intelligent transport systems and their role in sustainable development of territories

2.1. ITS as means of solving problem of population mobility

In the 20th century due to the improvement of vehicles, reducing travel time between the settlements and the actual removal of a distance problem, when it has become possible to cross the world in two 12-hour flights, migration activity of the population has sharply increased. The migrant population is actively involved in economic and social life of their countries, and transport system development directly determined economic recovery. Thus, after World War I Germany emerged from the crisis, including through major investments in development of transport network, having solved, therefore, the problem of unemployment and ensuring the development of the economy.

In industrialized countries, the increase in transport mobility of the population was a direct consequence of the growth of its business activity. The pace of road and railway routes construction in the world since 1996 remain at a stable level - increase of the length of roads is approximately 1.3-1.4% per year.

Simultaneously the number of hours that people spend on the road is growing. By the end of the 20th century for the city person a problem of traffic jams becomes urgent - even in 1990 in the industrialized countries the time of getting to work exceeded 20 minutes. In the most loaded megalopolises 90% of the daily migrators reach the city centre, creating congestion and multi-kilometer traffic jams during rush hours.

Transport allows to reveal mechanisms of human activity, promoting understanding of urban, social and other processes. However, the transport takes citizen invaluable and irreplaceable resource - life. Recent research by Scientific Research and Designing Institute (SRDI) of Master plan of Moscow showed that the person spends not 2 daily normalized hours in transport, but up to 4-6 hours. And if the authorities of the city can't afford a man to get from home to work in 5, 15 or 30 minutes, then it is important to create comfort for him in public transportation and in private car.

There are several directions in solving this problem, including strategies for sustainable urban mobility. It will increase the volumes of financing to the transport sector and the system of complex approach to strategy of transport system development, and introduction of the newest technologies in the transport sector, and even changing entrenched attitudes about the guilt of the designers in the existence of a transport problem.

All over the world for a long time both theoretically and on the basis of practical experience, solutions to the problems of elimination of congestion and improvement of the performance of the road network in traditional ways (physical expansion of the network of roads and installation of traffic lights) have failed. Even developed countries can't extend the road network pace comparable with the growth rates of vehicles. An innovative breakthrough is needed in the solution of transport problems.

There is no common solution to the complex transport problem in different countries and cities facing the world today. However, the unprecedented development of information and communication technologies in the second half of the 20th century opened the new opportunities. In the world we launched the process of formation and development of Intelligent transport systems (ITS) in the transport sector, which has led to demonstrable improvements of work of all types of transport, in all countries where it gets due regard.

2.2. ITS as the strategy of development of transport system of the state

Intellectual transport systems are recognized Intelligent transport systems recognized in international practice as a General transportation ideology integration achievements of telematics in all kinds of transport activity for the solution of problems of economic and social nature. This is evidenced by nearly 20 years of experience purposeful development of ETS in the USA, Japan, European Union, China and other countries that have already achieved significant successes have quite effective forms of promotion and management of this process. The introduction of its strategic nature, defines in General the country's competitiveness on the world market. Transport policy of the developed countries of the world is based on the development and promotion of the its technologies, creation of United information space in the future multimodal networks.

In the world practice of Intelligent transport systems are considered as service system providing the services to users - drivers, pedestrians and cyclists, passengers of public transport, transport operators, transport operators, maintenance service of transport infrastructure, emergency services. At the same time, there is no uniform understanding of this term, this leads to the fact that regional levels are implemented in commercial projects of local components of ETS ideologically and not technologically interrelated. The lack of a systematic approach to the implementation of national projects ETS blocks the development of their market, stopping it at the level of commercial services with the use of local components of ETS.

For coordination of actions on the implementation of the ETS and policy development in the global study of ETS in 2008 with the aim of raising awareness and informing politicians and policymakers about the technical and policy aspects of promoting the ETS was established a policy Committee ETS International road Federation. The Committee examines the advantages of international cooperation and makes the problem of ETS to the public, helping to develop effective strategies and, ultimately, to successfully implement Intelligent transport systems.

Directions of work of the Committee:

• practical implementation of the its and their respective political tasks;
• funding for its;
• research in the field of its, as well as educational and social issues;
• normative-legal base for its;
• development of its strategies and comparative analysis.

Mission representatives and the Committee on International road policy Committee, the ETS is to increase awareness and understanding of the role of ETS, support of decision-makers in promoting ETS as an effective tool for achieving transport policy objectives in the area of security, stability and efficiency, the exchange of experience between experts in the its field from all over the world.

Development ETS methodologically based on the system approach, forming ETS as a system and not the individual modules (services). It formed a single open systems architecture, data exchange protocols, forms of shipping documents, standardization of parameters of technical communication, monitoring and control, management procedures, etc.

Organizational-methodological basis of development of ETS serve the national concept of development of the system of national architecture ETS and development Programme, however, in most cases, the ETS is seen as service system, with all the ensuing consequences. So, for example, by considering the conceptual scheme of the ETS, General purpose, define the organization of systemic forms of interaction of all modes of transport, the most efficient use of transport resources at the expense of joint transport operations with the most rational variants of structurally complex schemes of movement of passengers and freight, ensuring the quality of transport services. This approach is not aimed at eliminating the causes of the above problems and to eliminate the consequences of the situation, which in itself is wrong.

National concepts of ITS development, national architecture of ITS and the development program form an organizational and methodical basis of ITS development, however, in most cases ITS is considered as service system, with all that it implies. So, for example, considering the conceptual scheme of ITS creation, by the general purpose determine the organization of transport all means interaction system form, the most effective use of a transport resource at the expense of joint transport operations with the most rational versions of structural and line schemes of movement of passengers and freght traffics, providing quality of transport services. Such approach is directed not on elimination of the above described problems reasons, and on elimination of current situation consequences that in itself it is incorrect.

2.3. ITS as a means of providing safety of the transport system

In Russia it has ripened the necessity of creation of the ITS of the new generation, corresponding to the scenario of innovative development which vector is specified by the Transport strategy of the Russian Federation for the period until 2030 [2]. Taking into the account the high rate of introduction of innovative technologies and the urgent need for countries in a more effective use of transport resource while reducing the negative consequences of motorization and the reduction of human casualties, the obvious way of development is the coordination of actions of all stakeholders in the development and promotion of the ITS.

Transport system belongs to the class of large systems, the optimization of its functioning is associated with the processing of large amount of data and the modeling process that involves the use of information and communication technologies. Not accidentally studies of this kind are united by the single term «Intellectual transport systems» (ITS). This area of research along with the systems of artificial intelligence is one of the most dynamically developing and unites different classes of problems. Since the sustainability of the transport system in many ways is a guarantor of sustainable and economic development, ensuring quality control is a priority during the solution of the problems connected with the intellectualization of its subsystems and objects.

In addition, numerous objects of the transport system are sources of increased danger for road users and the environment. This applies to vehicles, the objects of the road network, infrastructure, providing the transportation process. The greatest problems are road traffic accidents, especially those connected with human victims. Numerous state programs illustrate the urgency of this problem such as «vision zero» [3]. The vision zero regards road transport system as a whole, the components of which (roads, cars and pedestrians) guarantee the safety of each other. In the official publication of the Swedish road administration it is stated that the concept is in the responsibility for safety rests with all of the creators of the transport

system: the road services, manufacturers, carriers, politicians, government officials, legislators, and the police.

Measures to provide road safety can be divided into two big groups of measures to prevent accidents and measures aimed at reducing the severity of their consequences (Fig.1).

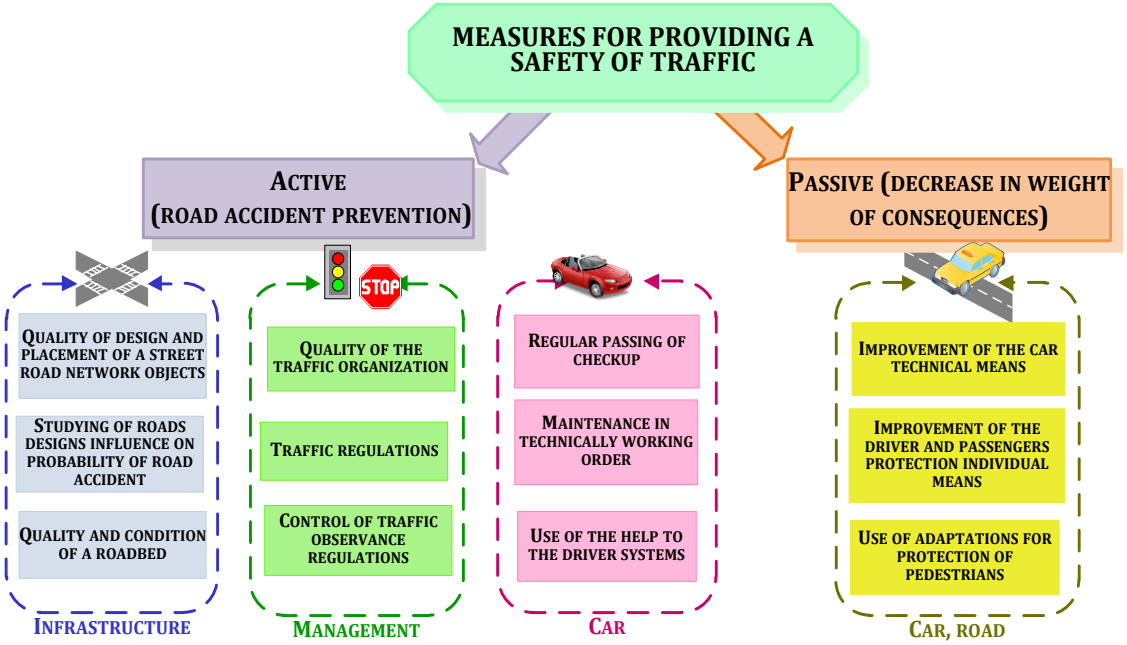


Figure 1. The classification of measures for providing safety of road traffic

Since a large portion of accidents associated with the «human factor», numerous developments of manufacturers of automobile electronics are designed to alert traffic participants and specialists in traffic management. First of all, this system alerts the driver of the parameters of traffic flow on the route [4]. The development of warning systems is associated with the development of technology and communication infrastructure in [5], which are used for traffic control and traffic management [6]. This group of authors considers ITS as a way of administrative measures intellectualization for the regulation of road traffic.

At present, ITS becomes a tool transport planning, is used for surveys [7],to decrease congestion [8] and planning joint travel [9]. To improve transport service of the population the issues of optimizing the location of stops [10], creating alert systems [11], and ensuring the bus reliability [12] are considered.

Assessing the value of ITS for better functioning of the transport system, the authors note that ITS contribute to enhancing its effectiveness [13], provide sustainable development of the territories [14], are used to reduce the negative impact of the transport sector on the environment, and also to reduce energy consumption [15]. ITS contribute to reduce accidents and provide the safety of transport systems [16], because ITS technologies are creating applications and systems to prevent accidents, reduce working load of the driver, prevent congestion and traffic management [17].

The second group of authors consider ITS as a way of "intellectualizations" car. The funds of the ITS are used to ensure the safety of road movement - in on-board intelligent systems (systems of active safety) [18] and pedestrian recognition systems [19].

In the world practice the five main groups of users are defined: drivers, pedestrians and cyclists, passengers of public transport, freight forwarders, transport operators and service operation of transport infrastructure. As it can be seen from this list, nor car, neither infrastructure (roads) are mentioned, while these two components create problems.

Car itself as a technical system must be considered as a component of the system “car-driver - ecology - service" in the context of its interaction with various subsystems that implement actions for its safe operation, it makes sense to consider the technical systems, as well as the creation of systems" (Fig. 2).

In this sense, the objective of ITBS should be reduced not only to inform the driver, but also to notify other subsystems, which are responsible for security and safety in case of unforeseen situations, which may cause problems for other participants of movement.

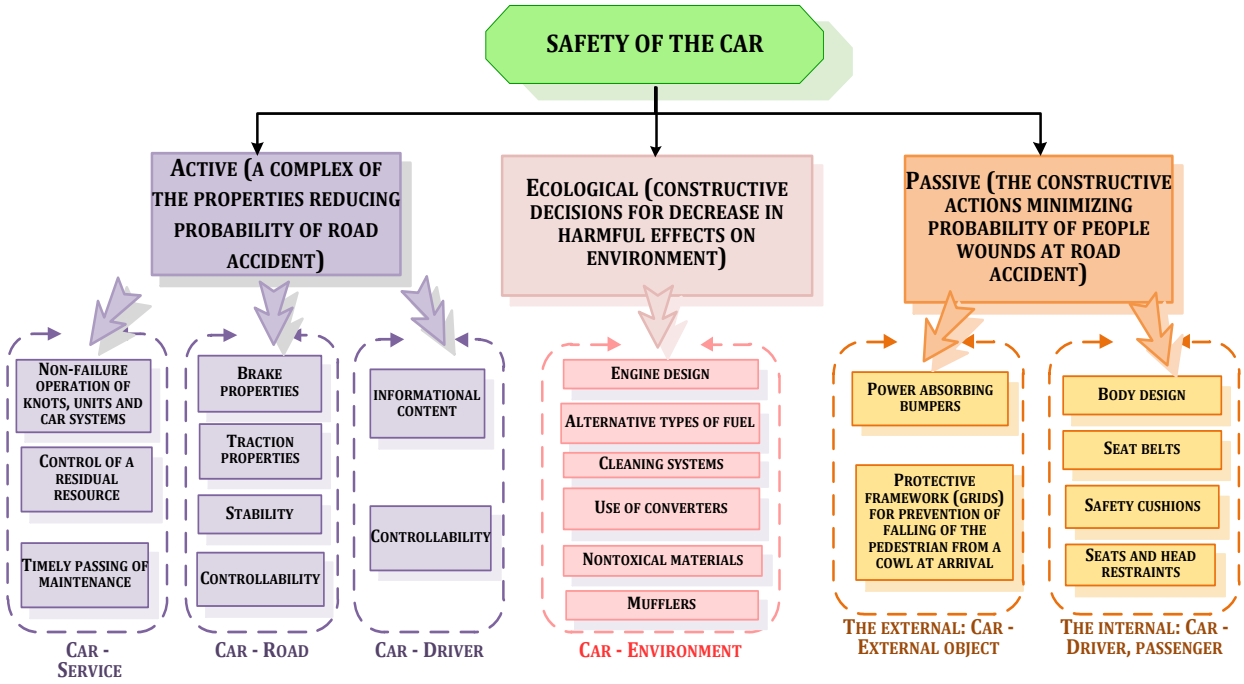


Figure 2. Measures to provide road safety

3. Intellectual transport on-board systems (ITBS) and security of the transport system

3.1. Decisions of producers to improve the safety and comfort of driving

Tendencies of improvement of ITBS are characterized by the emergence of non-traditional for car automatic control systems, such as electronic engine management system (EDMS), system of collection and processing of faults and several others. They are all designed to enhance consumer safety and ease of driving.

As stated by Nissan manufacturers, although intellectual systems of cars have information bias, they are still primarily developed for the safety of drivers and passengers, therefore, they are embedded «with various options to make the drive more safely.» The main highlight of onboard computers for Suzuki cars is the ability to diagnose machine, and it does not connect to the diagnostic connector. Computer Verona 4.2 can be installed on any fuel-injected car running on petrol, which stores data about the last 80 trips that can be grouped by date, if the computer displays complete information for the day. It allows the driver to determine the most economical daily route. The device includes a function similar to the action arrow tachometer, and provides accurate information about the engine speed, it can be also equipped with a temperature sensor and the on-board voltage [20].

At CES fair in 2012 technologies that will define our lives in the future were introduced. One of them is an DICE car intellectual system management from Mercedes-Benz. Ten years ago the phrase «trip computer» seemed a great progress in relation to vehicles, now it is a standard, which are used by automakers in their further development. An example of such searches can be the system of DICE driving, developed by order of Mercedes-Benz.

DICE (Dynamic & Intuitive Control Experience) is an interactive panel that will appear instead of the modern instrument panel of the car, which has the function gesture control. Basic functions that will be assigned to this panel, are getting traffic and technical information, as well as information about the interesting places along the route. Through this it will be possible to control navigation, and get access to the Internet, allowing to establish communication with a mobile phone, tablet and laptop driver, as well as with other vehicles traveling next to coordinate joint actions and prevent road accidents. The DICE system is self-learning.

Another example is the control system EMIRAI developed by Mitsubishi, which will appear in vehicles in 10 years. In the basis of this system of governance is turning the dashboard of a vehicle in a single screen rear projection, which will give all necessary information about the vehicle to the driver. Moreover, people will be able to program, what parameters he would like to see. On the side of this screen another display will be published, in a smaller size, but the touch-sensitive. It can be used to enter information, direct control of the car and work as the mobile phone menu. While driving a car keys necessary at this particular point will appear on this screen. The wheel in EMIRAI is not round, but curved. It will also have touch screen, and another eighteen buttons to control the car and check its condition.

Special system built into EMIRAI will monitor the physical condition of the person. It would not let him to drive if he is drunk, or has serious health problems, which can affect the process of driving. Moreover, it will track all the changes that occur in the body during the drive, and report any critical processes to the driver when the state is dangerous to him and passengers. EMIRAI also envisages the transfer of control of the vehicle to another person, if the driver get tired or feels not well. In the backs of the front seats of the car, according to the creators EMIRAI should be embedded by 3D screens that let people going back watch a movie in good quality. According to Mitsubishi, system EMIRAI will allow to install new principles of intellectual interaction between the driver and his car. In the massive use such auto management system, according to the Mitsubishi plans, will appear in ten years. Moreover, all the technology necessary for this purpose, exist now [21].

Integrated in the vehicle tracking system that recognize the signs of fatigue in driver's movements and reactions and warn about the rest, are available from several manufacturers. They are: Lexus, Mercedes-Benz, Saab and Volvo. For example, such a system in Mercedes is called the Attention Assist: it first examines the manner of driving, in particular the rotation of the rim of the steering wheel, the inclusion of indicators and pressing on the pedals, and keeps track of some of the control actions of the driver and by external factors, such as a side wind and roughness of the road. If Attention Assist recognizes the driver fatigue, it informs him about the need to make a stop to take a break. Attention Assist makes it with the help of a sound signal and warning messages on the dash display.

At the Volvo cars a similar system is also present, but it works somewhat differently. The system does not control the behavior of the driver, and assesses moving car on the road. If something is not as it should, the system notifies the driver, before the situation becomes critical.

3.2. The use of ITBS to control its technical condition

To integrate the activities of all components of ITBS and accumulation and output of the information an electronic unit in its structure is used [22]. A few examples about the direction of design ideas on ways to improve one of the basic consumer properties of the vehicle: comfort in the management suggests that aiming to create «the perfect car», the producers do not think that the complexity of the design and improvement of technical characteristics greatly increases the likelihood of problems during its exploitation and servicing. ITBS can reduce the risk of accidents, and should provide feedback of driver, service station and the factory (fig. 3).

The following tasks should be solved:
• notification of the nearest service station or emergency responders about fault and related accident [23];
• accumulation of statistical data on the most frequent causes of premature failure in certain conditions - which will help to plan the activities of the service centers;
• accumulation of analytical data from dealers, allows manufacturers purposefully to improve the design of the vehicle, increasing its reliability and safety.

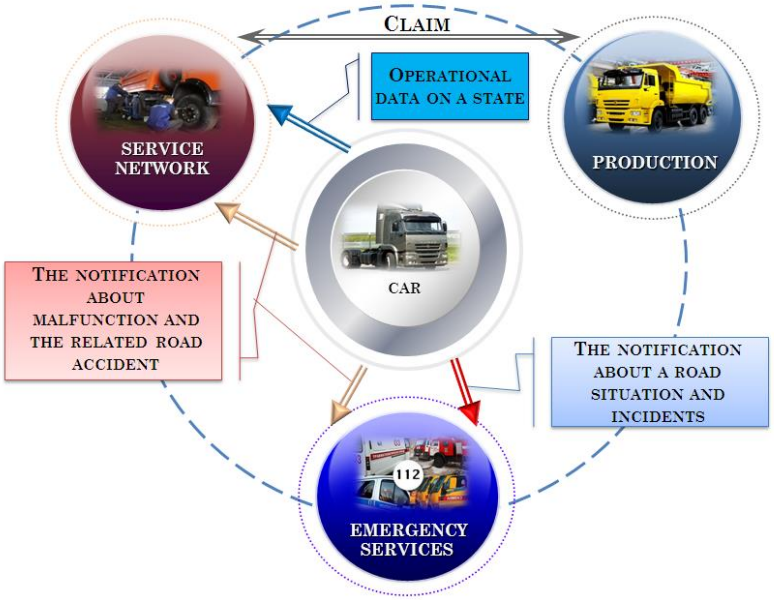


Figure 3. Organization of feedback between objects of the transport system

The advantage of IBS is the ability to update the information contained in the so-called electronic passport of the car. Each car model in the dependence of destination the installed engine, suspension type etc. can have several modifications and versions that differ structural features, and individual properties and characteristics. Information about these features can be very useful to the consumer, but because of the large amount, it is not reflected in conventional forms factory and passed on to the consumer accompanying documentation.

About the real performance of the car, for example, fuel consumption, operating modes and the operating time of the machine and its units (number of switches, transmission, braking, etc.) the owner can only guess. In the end, the owner of the machine cannot accurately determine the technical condition of the vehicle, plan for optimum operating costs and the costs of maintenance, to predict residual resource and profitability further use in specific conditions [24].

To solve these problems, the manufacturer must start an e-passport system for every unit of produced equipment, which in addition to registration information, maintains and updates in real-time basic information about the parameters of the operation of the vehicle, the elaboration of its components - in the form of averages and cumulative counters.

ITBS allows to pass the following information in the database of the electronic passport of the vehicle:
1. Average daily mileage.
2. The conditions and Modes of operation.
3. Performance elements (sensors) of ITBS installed on basic units of the vehicle (engine control, transmission, brakes and electronics).

The array of transferred data allows to develop the following recommendations using algorithms embedded in the electronic passport:
1. Technical maintenance.
2. The procedure of determination the residual resource of details, or unit.
3. The timing and schedule of maintenance and repairs.
4. Recommendation of changing operating modes at changing external conditions.

3.3. Automobile service system improvement for increasing the security of the transport system

The complexity of the car design, its intellectualization, simplifying the process of exploitation, create problems with service maintenance. Service centers need not only to continuously improve processes, to train the personnel, to buy new equipment, but also to study statistical data for new models on premature failure to predict the probability and the time of their occurrence.

The complexity of the design requires the development of a tool for efficient collection, storage and analysis of large amount of information about the condition of the vehicle and its systems. In addition, information should be of high quality. In the analysis of large systems, the optimal tool to quickly react to the changes of both external and internal parameters are decision support system (DSS), which is based on technology that uses an online database, data warehousing, online analytical system of information processing and intellectual analysis of data. The basis of a DSS is a complex of interrelated models with the appropriate information support of research, expert and intelligent systems, including the experience of solving the tasks of controlling and ensuring the participation of experts in the process of making rational decisions.

Since the adoption of decisions based on real data about the control object, analysis and strategic decision-making use aggregated information for the storage of which a data warehouse (DW) is created. The main goal to build DW is the integration, the updating and harmonization of operational data from disparate sources to provide a single, consistent view of the object of management in general. Databases contain the information gathered from multiple online databases OLTP systems (OLTP (On-Line TransactionProcessing) - on-line transaction processing in real time).

DSS have the means to provide the user aggregate data for different samples from the original set in an easy to understand and analyze way. Aggregate functions form the multidimensional data make up a set (hypercube or metacube), so users can formulate queries, generate reports, receive data subset. This technology is a complex multidimensional data analysis, OLAP (On-Line Analytical Processing) - analytical processing in real time, which is a key component of data warehousing. Implementation technique involves various patented ideas: varieties architecture «client-server», time series analysis, object orientation, and optimizing data storage, parallel processes, etc.

Data on causes of appealing to service centers with details of all options is recorded in the database and serve as a baseline for subsequent analysis. For the formation of every sample one of the factors is considered, and the values of the others remain fixed. The parameters of the distribution laws of failures for each node are determined according to the created array data using Statistica [25]. However, in accordance with the empirical histogram data displays a graph of the distribution law and determined its compliance with sample data for a given level of significance. The results of the analysis are used for the development and correction of instructions designed for the service centres and for car owners, compliance with which allows to ensure reliable operation of the vehicle.

Since the number of failures with developed dealer and service network is a large amount of data that depend on a significant number of factors, for aggregation abovementioned data OLAP technology is used, enabling the analysis of failure when selected combination of measurements. So, figure 4 shows three-dimensional OLAP cube with simple measurements.

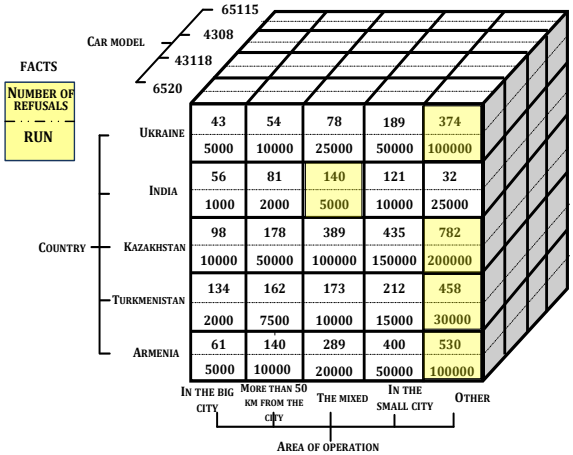


Figure 4. *Three-dimensional OLAP-cube with simple measurements*

For the rapid exchange of information communication systems are used, which synchrony information from ITBS with information systems of service centers, which, in turn, are linked with the manufacturer (Fig.5). The transmitted data are the basis for improving the design of the car and increase reliability and safety of its operation.

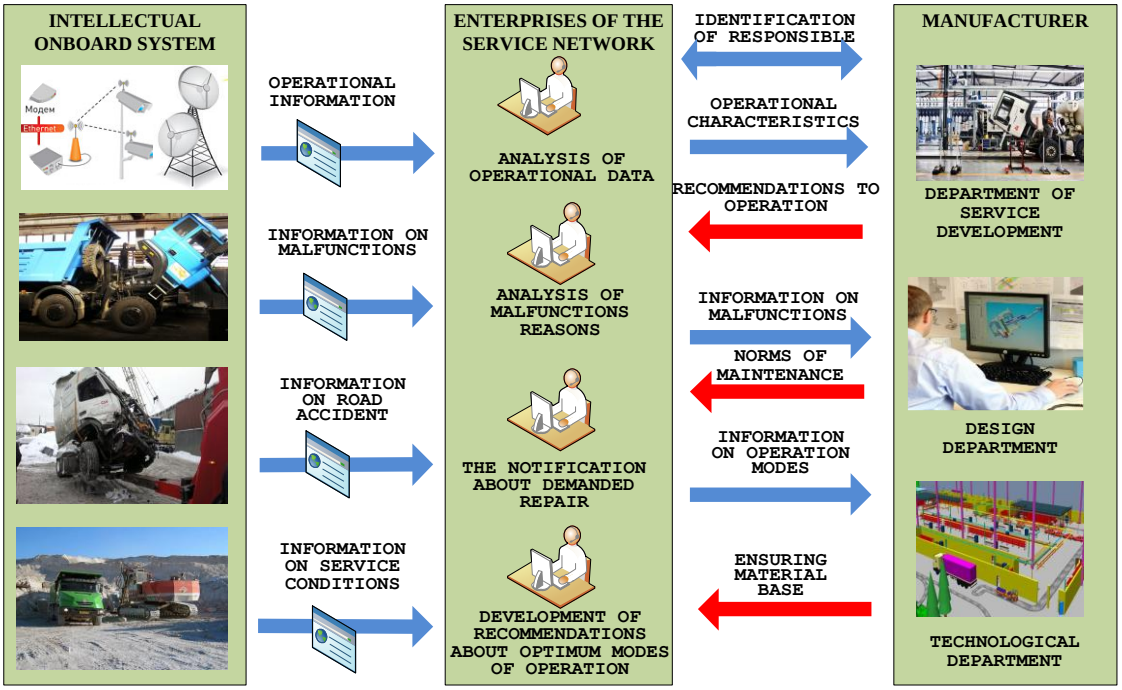


Figure 5. *The scheme of information streams organization with use of intellectual on-board systems*

4. CONCLUSION

Nowadays in Russia, as well as in the world, questions of development and realization of intellectual transport systems still remain. Despite the numerous developments in this direction, the theme does not lose its relevance for decades, because this process is rather complicated.

Significant progress in the development of the automotive industry and in the field of improvement of transport infrastructure, and particularly dynamic development in the field of IT, open new possibilities for the transition of motor transport from the source of increased danger in the means of a comfortable solution of the problem of the population mobility.

To solve problems we need a systems approach and coordination of efforts of all interested parties.

References

[1].YNEP report "Towards to "green" economy: way to a sustainable development and poverty eradication". (on-line) available at: http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents /ger/GER_synthesis_ru.pdf (15.05.2013)

[2].Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030. (on-line) available at: http://mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13008 (15.01.2014)

[3] Traffic safety by Sweden. (on-line) available at: http://www.visionzeroinitiative.com/ (27.02.2014)

[4] Julie M. Annino, Robert Cromley. 2005. Intelligent Transportation Systems and Travel Behavior in Connecticut // The Professional Geographer 57 (1): 106-114

[5] Yongchang Ma, Yan Zhoub, Mashrur Chowdhury, Kuang-Ching Wangb, Ryan N. Friesc. 2009. A Framework for Performance Evaluation of Communication Alternatives for Intelligent Transportation Systems Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations 13 (3): 111-126

[6] Yan Zhou, Glenn Hamilton Evans Jr., Mashrur Chowdhury, Kuang-Ching Wang, Ryan Fries. 2011. Wireless Communication Alternatives for Intelligent Transportation Systems: A Case Study // Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations 15 (3): 147-160

[7] Mohammad R. Tayyaran, Ata M. Khan, Donald A. 2003. Anderson Impact of telecommuting and intelligent transportation systems on residential location choice Transportation Planning and Technology 26 (2): 171-193

[8] Rami Harb, Essam Radwan, Mohamed Abdel-Aty, Xiaogang Su Two. 2011. Simplified Intelligent Transportation System-Based Lane Management Strategies for Short-Term Work Zones Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations 15(1): 52-61
[9] Tommy Gärling, Cecilia Jakobsson, Peter Loukopoulos, Satoshi Fujii. 2004. Adaptation of Private Car Use in Response to Travel Demand Management Measures: Potential Roles of Intelligent Transportation Systems Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations 8(4): 189-194
[10] Steven I. Chien, Zhaoqiong Qin. 2004. Optimization of bus stop locations for improving transit accessibility // Transportation Planning and Technology 27(3): 211-227.
[11] N. Holdsworth, M. P. Enoch, S. G. Ison. 2007. Examining the Political and Practical Reality of Bus-based Real Time Passenger Information // Transportation Planning and Technology 30(2-3): 183-204
[12]. José Ap. Sorratini, Ronghui Liu, Shalini Sinha. 2008. Assessing Bus Transport Reliability Using Micro-Simulation // Transportation Planning and Technology. 31(3): 303-324
[13] Jingxin Xia, Mei Chen. 2007. Defining Traffic Flow Phases Using Intelligent Transportation Systems-Generated Data //Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations 11(1): 15-24
[14] Zhou Fengqi, Shen Jun. 2010. Deploying an Intelligent Transportation System in Chongming County, Shanghai Journal of Urban Technology 17(3): 39-51
[15] Konstantina Gkritza, Matthew G. Karlaftis. 2013. Intelligent Transportation Systems Applications for the Environment and Energy Conservation (Part 1) // Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations. 17(1), Special Issue: Intelligent Transportation Systems Applications for the Environment and Energy Conservation (Part 1): 1-2
[16] Aldona Jarašūnienė, Nijolė Batarlienė. 2013. Lithuanian road safety solutions based on intelligent transport systems Transport 28(1): 97-107
[17] Konstantinos N. Giannoutakis, Feng Li. 2012. Making a Business Case for Intelligent Transport Systems: A Holistic Business Model Framework // Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal. 32(6): 781-804
[18] Valentin Ivanov, Vladimir Boutylin. 2002. The intelligent systems of automotive active safety //Transport 17(5): 182-187
[19] Dung Nghi Truong Cong, Louahdi Khoudour, Catherine Achard, Jean-Luc Bruyelle. 2011. Intelligent Distributed Surveillance System for People Reidentification in a Transportation Environment // Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations 15(3): 133-146
[20] (on-line) available at:
http://www.hardtech.ru/rus/medley/bortovoj_kompjutjer_dlja_avtomobilja_suzuki.htm (12.03.2014)
[21] (on-line) available at: http://www.novate.ru/blogs/131211/19560/ (14.03.2014)
[22] Sosin D.A. Avtotronika. 2001. *Electronic equipment and systems of onboard automatic equipment of modern cars*: Manual. M.:СОЛОН-Р, 272 p.
[23] B. V. Namakanov, O.A. Maksimenko, I.A. Abdullaev. 1994. The device for an operating control of the car systems / Automotive industry 27-29.
[24] ISO 24531:2007 Intelligent transport systems - System architecture, taxonomy and terminology - Using XML in ITS standards, data registries and data dictionaries.
[25] Halafyan, A.A. STATISTICA 6. 2007. *Statistical analysis of data* Binom-Press. 512 p.

INCREASING TRAFFIC SAFETY ON SERBIAN ROADS BY USING STATE OF THE ART CONCRETE SAFETY BARRIERS ACCORDING TO APPLICABLE EUROPEAN STANDARDS

Thomas Edl
Thomas Edl, Dipl.-Ing. Dr. tech.
DELTA BLOC International GmbH, Kirchdorfer Platz 1, 2752 Wöllersdorf (Austria). E-Mail: thomas.edl@deltabloc.com

Abstract: *On European roads it is obligatory to use vehicle restraint systems according to European standard EN 1317. Highway projects funded by the European Development and Investment Bank must fulfill the traffic safety requirements as stated in these European regulations. Using premium precast concrete barriers allows the coverage of all aspects of passive road safety in modern highway design.*
The latest achievements in the development of concrete barriers show clearly that breakthrough prevention for heavy trucks and soft impact behavior for small passenger cars are not in contradiction anymore. Even rigid concrete barriers can provide acceptable impact severity for vulnerable road users by using optimized profiles and high performance coupling methods.
Furthermore it is of utmost importance to secure highway bridges by using dedicated bridge safety barriers. These barrier-types must redirect and hold back heavy vehicles safely and reduce the stress and load for the bridge structure to prevent structural damage. Modern barriers are equipped with energy absorbing devices to reduce impact loads significantly.

Keywords: concrete safety barriers, EN 1317, containment level, working width, ASI, crash test, bridge barriers, work zone protection

1. INTRODUCTION

Since the beginning of the development of concrete vehicle restraint systems in the 1960s with the introduction of the New Jersey profile in the United States quite a lot of efforts have been taken by researchers, authorities and industry worldwide to raise effectiveness and safety of concrete and steel barriers. In Europe concrete barriers started to be noticed in the 1990s. With the establishment of the European Standard EN 1317 in 1998 the “passive traffic safety issue” was given the right importance and platform for further developments. Starting 2011 the CE-marking for vehicle restraint systems brought up reliable product quality and validated and trustable crash tests results to a next level.



Figure 1. Early crash-testing with stuntmen drivers in the 90s and with fully automated test vehicles in 2014

2. Occupant Safety and Breakthrough Prevention

The first crash tests under controlled boundary conditions have been performed in the mid 1990s. stuntmen driving the vehicles reported their impressions to the developers. Today highly sophisticated computer simulations with Finite Elements Method back the design of modern safety barriers. Crash tests are carried out on automated test installations and ensure – with today's experience in Crash Testing – reliable and accurate results. This enables the industry to design high performance safety barriers.

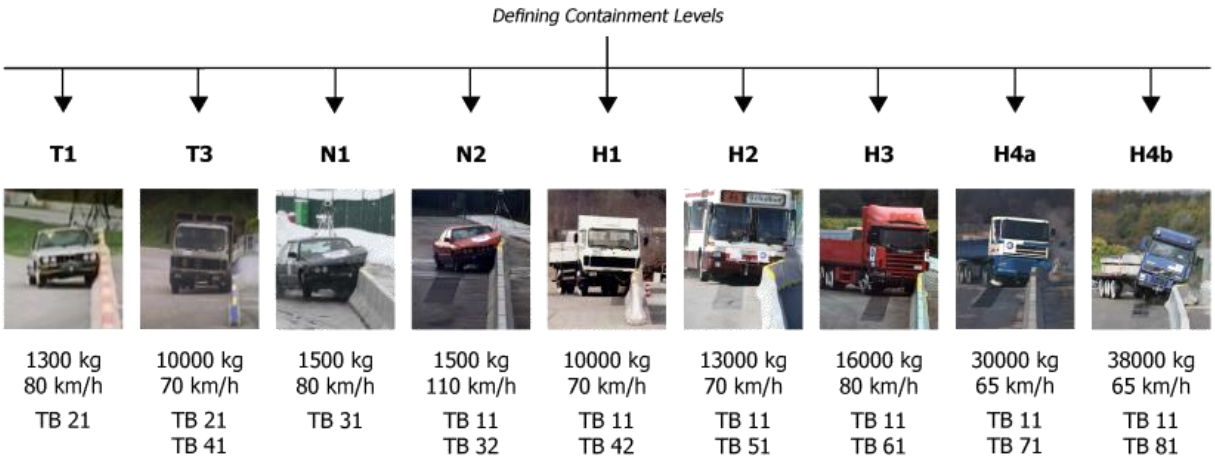


Figure 2. *Overview of characteristic test vehicles according to EN 1317*

Today there are precast concrete barriers available achieving the highest rating in the Occupant Safety Category ASI class A, proven by crash tests. Concrete barriers that give the impression to be rigid turn out to react soft even on impacts of light passenger cars. According to EN 1317 the same "soft" barrier has to provide reliable break through prevention at heavy vehicle impacts. This is only possible with latest knowledge in barrier design – realizing soft impact behavior on light passenger car impacts and a rigid behaviour on bus and heavy truck impacts. For authorities and road designers it is important to define and choose the right containment level for the specific application.

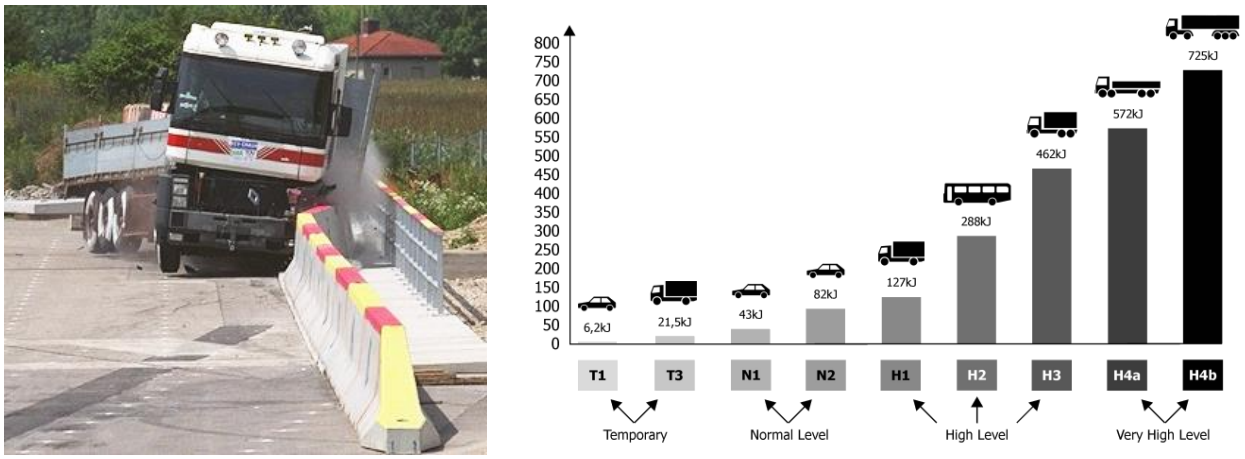


Figure 3. H4b impact on a bridge barrier and comparison of impact energy at different containment levels



Classes of normalised working width levels	Levels of normalised working width m
W1	$W_N \leq 0,6$
W2	$W_N \leq 0,8$
W3	$W_N \leq 1,0$
W4	$W_N \leq 1,3$
W5	$W_N \leq 1,7$
W6	$W_N \leq 2,1$
W7	$W_N \leq 2,5$
W8	$W_N \leq 3,5$

NOTE 1 In specific cases, a class of working width level less than W1 may be specified.

NOTE 2 The dynamic deflection, the working width and the vehicle intrusion allow determination of the conditions for installation of each safety barrier and also to define the distances to be provided in front of obstacles to permit the system to perform satisfactorily.

NOTE 3 The deformation depends on both the type of system and the impact test characteristics.

Figure 4. Deflection of a bridge barrier after an H4b impact and classification according to EN 1317 [1]



Impact severity level	Index values		
A	ASI ≤ 1,0	and	THIV ≤ 33 km/h
B	ASI ≤ 1,4		
C	ASI ≤ 1,9		

Figure 5. Instruments for measuring the impact severity and classification according to EN 1317 [1]

3. Safety solutions for highways as a whole

In the central reservation on motorways in most European countries mainly concrete safety barriers are built. These are considered to be particularly effective, because they need little maintenance, they are cost-effective and can be built quite fast. In the United Kingdom it is prescribed in the national regulation TD 19/06 that the central reservation barrier must be made of rigid concrete to reduce maintenance cost and prevent repair works.

The working width, respectively the displacement of modern concrete barriers in case of an impact naturally is very low and is therefore extremely advantageous. Because the concrete safety barriers are very massive and rigid, an acceptable impact severity and reliable passenger protection in light vehicles are difficult to achieve. Therefore the right profile and shape is as much important as the right connection method, weight and length of the precast concrete units.



Figure 6. *Comparison of containment levels for highway median barriers in different European countries*

Modern highway design includes a passive safety concept as a whole. A highway not only consists of a straight and even stretch of asphalt. Obstacles along the motorway like bridge piers, lightning posts and gantry piers are dangerous spots as well as terminals and transitions between different barrier types. Bridges, tunnels and noise barriers have to be included in the passive safety concept.

Today different types of concrete safety barriers for a wide field of different applications allow a safe and technically mature highway design. Modern concrete barriers fulfil all containment levels mentioned in the European standard EN 1317. They are crash tested and designed not only for the median but also for the verge. Special barrier types with no deflection at heavy impacts can safeguard obstacles and bridge piers. The latest generation of integrated noise barriers is crash tested and is able to withstand an impact of a 38 ton truck. Maintenance and repair after crashes can be reduced to a few hours. All the operation of a highway will get cheaper and easier and also safer for the maintenance personnel by considering all the possibilities of modern vehicle restraint systems.

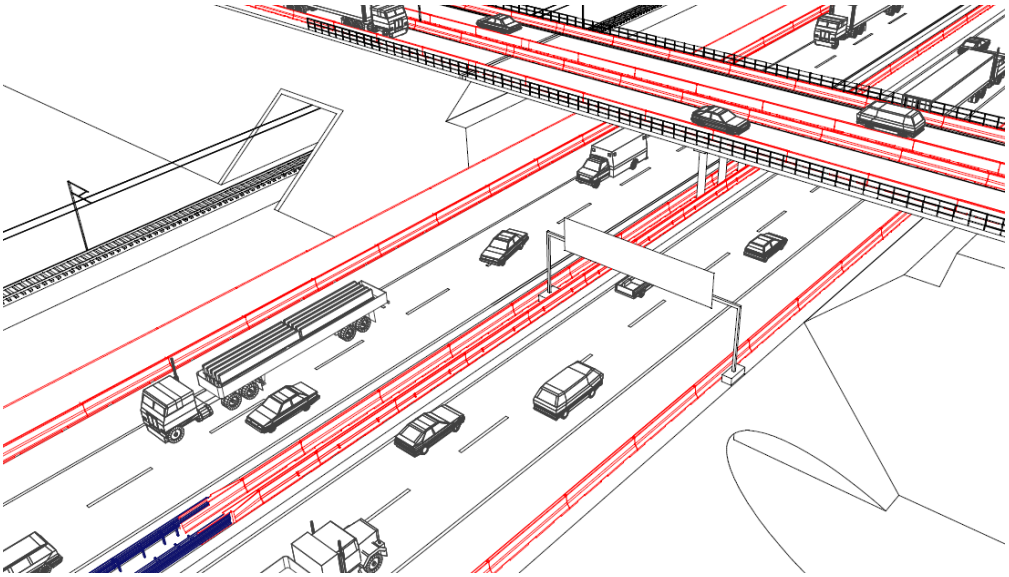


Figure 7. Overview of different applications on a highway section

4. Modern concrete safety barriers for bridges

Due to some hazardous accidents on bridges in the past when heavy goods vehicles broke through bridge safety barriers causing structural damage on bridge structures, the necessity for a more detailed understanding of the impact procedure was obvious. Therefore some research projects under great efforts of accredited test houses, national road authorities, bridge designers and industry have been carried out to show what really happens when a 38 ton truck crashes into a safety barrier for bridges. Nowadays the industry can offer highly sophisticated barrier systems providing very high containment levels and causing less stress for the bridge structure – for bridge designers it is possible to optimize their static load cases and calculations.



Figure 8. Damage on the German Wieltal-Bridge after a truck breakthrough on a low containment barrier



Figure 9. Modern H4b bridge barrier on the Freiman bridge Munich 2012

5. Modern "Slim-Type Precast Barriers" for work-zone protection

The development of modern "slim-type precast barriers" marks a significant step toward securing work zones on interstate highways and highways. Because of their width of about 10 to 12 cm slim elements require about one half of the space of other common temporary vehicle restraint systems. In addition, they reflect a very small working width of W1 or W2 for containment levels T1 or T3 as described in EN 1317. The possibility to produce these concrete barriers very fast and close to the actual place of installation provides additional advantages for big infrastructure projects. Modern "slim-type precast barriers" actually comprise the advantages of both standard metal and concrete barriers – light weight, fast installation, small deflection after impacts and reliable breakthrough prevention.



Figure 10. Modern "slim-type precast barriers providing higher safety and more space on construction sites

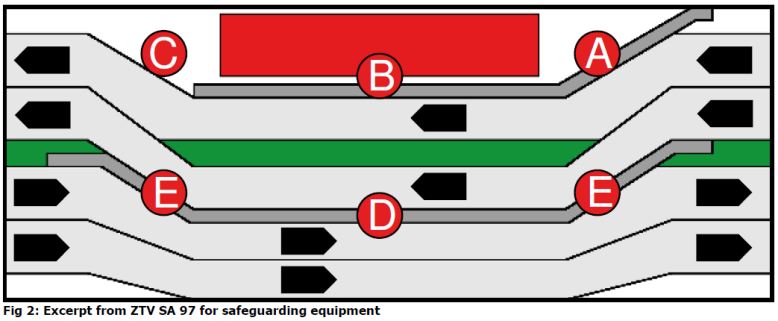


Fig 2: Excerpt from ZTV SA 97 for safeguarding equipment

	Car / HGV
A: Between road works and oncoming traffic	T2 W4 / H1 W8
B: Between road works and parallel flowing traffic	T1 W3 / T3 W8
C: Between road works and exiting traffic	not required
D: Between contra-flows	T1 W3 / T3 W4
E: Between contra-flows in the transition area	T2 W4 / H1 W4

Figure 11. Application of different containment levels on a typical work-zone on highways as it is defined in Austria and Germany



Figure 12. Modern slim-type barriers only weigh 125kg per meter and achieve performance class T3 / W2 / ASI A

References

[1] EN 1317-2:2011 Road restraint systems; Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers including vehicle parapets, 2011, CEN.

ISPITIVANJE ZNANJA VOZAČA O PRAVILIMA BEZBEDNOG PONAŠANJA NA KRUŽNIM RASKRSNICAMA

Dr Svetlana Čičević, dipl. psiholog[1]
[1] *Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, s.cicevic@sf.bg.ac.rs*

Dr Draženko Glavić, **dipl. inž. saob.,**
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, drazen@via-vita.org.rs

Aleksandar Trifunović, dipl. inž. saob.,
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković, **dipl. inž. saob.,**
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Uloga raskrsnica je da na bezbedan, brz i ekonomski opravdan način regulišu raspodelu korisnika na željene smerove kretanja u saobraćajnom toku, uz minimalne negativne uticaje na životnu sredinu. Posmatrano sa aspekta bezbednosti saobraćaja, glavna prednost kružnih raskrsnica, u odnosu na klasične trokrake ili četvorokrake raskrsnice, je redukovanje konfliktnih tačaka. Rezultati mnogobrojnih istraživanja pokazuju da se izgradnjom kružnih raskrsnica drastično smanjuje broj saobraćajnih nezgoda, a naročito nezgode sa povređenim i nastradalim licima. Pored podizanja nivoa bezbednosti saobraćaja kružne raskrsnice doprinose redukciji saobraćajne buke i smanjenju emisije štetnih gasova. Savremene raskrsnice sa kružnim tokom imaju osobine koje ih nesumnjivo čine atraktivnim za primenu, a na našim prostorima su nepravedno zapostavljene. U radu su prikazane osnovne karakteristike kružnih raskrsnica, primeri kružnih raskrsnica u Republici Srbiji, kao i rezultati ankete koja se odnosi na ispitivanje nivoa znanja vozača o pravilima koja važe na kružnim raskrsnicama.*

Ključne reči: *Bezbednost saobraćaja, kružne raskrsnice, ponašanje vozača.*

1. UVOD

1.1. Podela raskrsnica

Raskrsnice predstavljaju vezne tačke u uličnoj i putnoj mreži. Omogućavaju povezivanje delova putne mreže u jednu celinu i time funkcionisanje ukupnog saobraćajnog sistema. Zadatak raskrsnica je da na saobraćajno bezbedan, brz i ekonomski opravdan način izvrše raspodelu korisnika na željene smerove kretanja, uz minimalne negativne uticaje na životnu sredinu. S obzirom na oblik i način regulisanja saobraćaja površinske raskrsnice se mogu podeliti na klasične (ne)signalisane raskrsnice i kružne raskrsnice (tzv. rotore). Kružne raskrsnice su saobraćajni čvorovi na kojima se regulisanje saobraćaja i pravo prvenstva prolaza vrši isključivo primenom vertikalne i horizontalne saobraćajne signalizacije [3].

Posebne karakteristike kružnih raskrsnica, a koje ih razlikuju od klasičnih raskrsnica u nivou su: kružne raskrsnice su raskrsnice kombinovanog neprekinutog i prekinutog toka; vozila u kružnom toku imaju pravo prvenstva prolaza u odnosu na vozila koja ulaze u kružnu raskrsnicu (“pravilo desne strane“ ne primenjuje se na kružnim raskrsnicama); vozilo koje ulazi u kružnu raskrsnicu ne zaustavlja se ako ima slobodan ulaz, već ulazi u kružnu raskrsnicu sa smanjenom brzinom; na malim kružnim raskrsnicama, u urbanim sredinama, moguće je voziti samo malom brzinom sa prednjim točkovima okrenutim pod većim uglom; pešaci i biciklisti u kružnim raskrsnicama poštuju ista pravila kao na klasičnim raskrsnicama; zabranjena je vožnja unazad (i nepotrebna) na kružnim raskrsnicama; dugim vozilima dozvoljeno je da koriste i neasfaltirani deo kružnog kolovoza (vozni deo središnjeg saobraćajnog ostrva); mala vozila nemaju potrebe za tim [4].

1.2. Istorijat kružnih raskrsnica

U knjizi "Projektovanje raskrsnica sa kružnim tokom" [1] prikazan je pregled istorije raskrsnica sa kružnim tokom u Evropi i Sjedinjenim Američkim Državama. U početku nisu postojala specifična pravila za ponašanje vozača u kružnom saobraćajnom toku. Kasnije je uvedeno "pravilo desne strane”). Sa povećanjem intenziteta saobraćaja, ovo pravilo je dovodilo do zastoja saobraćaja u samom kružnom toku. Povećanje broja nezgoda uslovljeno ovom situacijom, zatim razvoj saobraćajne signalizacije, a naročito koordinisane

[1] Svetlana Čičević: *s.cicevic@sf.bg.ac.rs*

svetlosne signalizacije doveli su do smanjenja interesovanja za raskrsnice sa kružnim tokom, tako da su mnoge od njih zamenjene klasičnim raskrsnicama. Prvi koncept kružnog saobraćajnog toka dao je Francuz Enar 1903. godine, a prva praktična primena kružne raskrsnice bila je "Columbus circle" koja je izgrađena u Njujorku 1905. godine. Nakon uvođenja savremenih raskrsnica sa kružnim tokom, u Francuskoj je došlo do njihove velike ekspanzije, kako novih, tako i rekonstrukcije starih signalisanih raskrsnica. U 1992. godini porast implementacije savremenih raskrsnica sa kružnim tokom dostigao je broj od 1000 raskrsnica godišnje. Rezultati koje su savremene raskrsnice sa kružnim tokom pokazale na polju bezbednosti i kapaciteta doveli su do ogromne zainteresovanosti za njih u mnogim zemljama. U Holandiji je, počevši od 1980-ih, za samo šest godina izgrađeno približno 400 raskrsnica sa kružnim tokom. Norveška je sa primenom savremenih raskrsnica sa kružnim tokom počela 1985. godine [2].

1.3. Proces planiranja raskrsnica sa kružnim tokom

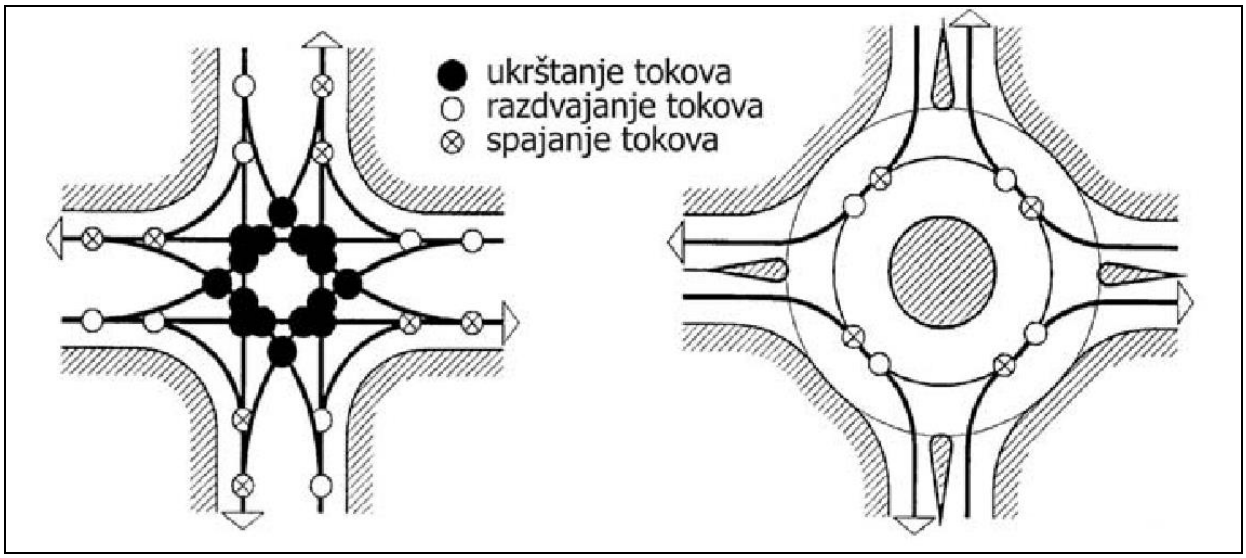
Vozači moraju na raskrsnici da obrate pažnju na više faktora za razliku od slobodnih deonica. Istovremeno preduzimaju radnje prestrojavanja, smanjenja brzine, kočenja pri skretanju, kočenja zbog propuštanja ukrštajućeg saobraćaja i sl. Stoga izboru tipa raskrsnica treba prethoditi detaljna analiza i poređenje mogućih alternativa [5]. Proces planiranja raskrsnica sa kružnim tokom treba da pokaže opravdanost odluke da se određeni oblik raskrsnice primeni na specifičnoj lokaciji. Tek nakon faze planiranja može se pristupiti detaljnoj analizi i projektovanju. Proces planiranja počinje sa određivanjem preliminarnog oblika i funkcionalnih karakteristika raskrsnice. Određuje se minimalni potrebni broj saobraćajnih traka na prilazima i na osnovu toga kategorija raskrsnice koja će u najvećoj meri zadovoljiti programske zahteve: mini ili normalna, sa jednom ili više saobraćajnih traka u kružnom toku, gradska ili vangradska itd. [2]. Da bi se donela pravilna odluka potrebno je u studiji opravdanosti izgradnje rasksnice proveriti osnovne kriterijume za izbor tipa raskrsnice. Osnovni kriterijumi i podkriterijumi koji se vrednuju pri izboru tipa raskrsnice su: kriterijum bezdednosti saobraćaja (sa podkriterijumima uslovi lokacije i konfliktne tačke); kriterijum protoka saobraćaja (sa podkriterijumima kvalitet protoka i geometrijske karakteristike); kriterijum prostornog uklapanja (sa podkriterijumima površinsko uklapanje i estetsko uklapanje) i kriterijum ekonomičnosti (sa podkriterijumima troškovi građenja i troškovi održavanja) [5].

Vrednovanje projektnog rešenja obično se vrši metodom dobit-troškovi (benefit-cost method). Dobit se razmatra sa stanovišta bezbednosti (smanjenja broja saobraćajnih nezgoda: smrtnih, sa povredama, materijalna šteta), funkcionalnosti (izraženo kroz vremenske gubitke vozila-sati) i zaštite životne sredine (potrošnja goriva, emisija štetnih gasova, buka). Troškovi se izražavaju kroz troškove građenja, eksploatacije i održavanja (osvetljenje, horizontalna i vertikalna signalizacija, uređenje prostora...). Upoređujući na ovaj način projektno rešenje raskrsnice sa kružnim tokom sa alternativnim tipom raskrsnice, odnosno postojećom raskrsnicom koju treba rekonstruisati, dobijamo osnovu za ocenu opravdanosti njene izgradnje [2]. Ukoliko postoji dovoljno informacija poželjno je cost-benefit metodom odrediti ekonomičnosti nekog rešenja. Ukoliko ne postoje pouzdani statistički podaci i metodologija za njihovu primenu da bi se procenilo smanjenje navedenih društvenih troškova, onda se vrednovanje može pojednostaviti i svesti na vrednovanje troškova građenja i održavanja.

1.4. Bezbednost saobraćaja na kružnim raskrsnicama

Sprovedena su mnogobrojna istraživanja kako bi se pokazao uticaj primene raskrsnica sa kružnim tokom na smanjanje broja saobraćajnih nezgoda [6]. Pored ovih istraživanja, takođe su veoma interesantna i ona koja se bave zavisnošću geometrijskog oblikovanja raskrsnice sa kružnim tokom i mogućeg broja saobraćajnih nezgoda [7]. Ova istraživanja pokazuju da se najveći broj nezgoda javlja između vozila u kružnom toku i vozila koje ulazi u kružni tok. Da bi se ovaj broj sveo na minimum potrebno je geometrijskim oblikovanjem uticati na smanjenje relativne razlike brzina vozila u kružnom toku i vozila na ulasku u kružni tok. Maksimalna razlika brzina ne bi trebalo da prelazi 35 km/h [8].

Sa aspekta bezbednosti saobraćaja, glavna prednost jednotračnih kružnih raskrsnica (u odnosu na klasične trokrake ili četvorokrake raskrsnice), je eliminacija konfliktnih deonica i tačaka prvog (ukrštanje), drugog (prestrojavanje) i trećeg (uključivanje, razdvajanje) stepena (Slika 1.). Teoretski, klasična četvorokraka raskrsnica ima 32 konfliktne tačke (16 ukrštanja, 8 razdvajanja i 8 spajanja), dok jednotračna četvorokraka kružna raskrsnica ima samo 8 konfliktnih tačaka nižeg stepena (4 razdvajanja i 4 spajanja).



Slika 1. *Konfliktne tačke na klasičnoj četvorokrakoj raskrsnici i četvorokrakoj kružnoj raskrsnici (Smjernice projektovanje, gradjenje održavanje i nadzor na putevima. Knjiga I, 2005. Bosna i Hercegovina)*

Kontrola brzine vožnje kroz kružnu raskrsnicu je glavni podatak na osnovu koga se procenjuje stepen bezbednosti saobraćaja. Manja brzina motornih vozila rezultira sporijim tokom saobraćaja, i u tom slučaju više pažnje može se posvetiti drugim učesnicima u saobraćaju, dok se istovremeno može smanjiti mogućnost saobraćajnih nezgoda sa teškim posledicama. Kriterijum koji treba zadovoljiti je da prilikom kretanja vozila kroz kružni tok brzina treba da bude ispod 30 km/h ili 35 km/h [4].

2. METODOLOGIJA RADA

Istraživanje koje je tema ovog rada je vršeno isključivo putem on-lajn ankete koja je napravljena na platformi „Google Drive“. Osnovni problem ovakve vrste istraživanja predstavlja pitanje da li je prikupljen uzorak zaista reprezentativan. Ne postoje intervencije koje mogu garantovati potpunu objektivnost rezultata istraživanja. Kao što je napomenuto anketiranje je vršerno „on-line“ anketom, pa je teško utvrditi koliko su se ispitanici posvetili anketi. Pitanje „Da li je dozvoljeno prelaženje ulice preko obeleženog pešačkog prelaza?“, je poslužilo da odredi stepen zainteresovanosti za popunjavanje ankete. Svi ispitanici koji su dali netačan odgovor eliminisani su iz ankete, jer se smatra da nisu posvetili dovoljno pažnje anketi (smatramo da su nesumično birali odgovore). Ostala pitanja u anketi imaju za cilj da provere nivo opšteg znanja vozača o poznavanju pravila u kružnim raskrsnicama. Pitanja su zatvorenog tipa i imaju po dve, tri ili četiri alternative za odgovore. Odgovori na ta pitanja su u daljem radu prikazani i detaljno analizirani. Anketiranje je vršeno na teritoriji Republike Srbije u vremenskom periodu od decembra 2013. do marta 2014. godine.

Podaci dobijeni anketom unešeni su i obrađeni u programskom paketu MS EXCEL i statističkom softverskom paketu IBM SPSS Statistics v.18. Primenjene su standardne metode deskriptivne i analitičke statistike, a za procenu značajnosti razlike korišćen je Kruskal-Wallis-ov test. Postavljena je nulta hipoteza (H_0) koja glasi: Ne postoji statistički značajna razlika između grupa i radna hipoteza (H_a) koja glasi: postoji statistički značajna razlika između grupa. Prag statističke značajnosti (α) postavljen je na 5%. Stoga, ukoliko je $p \leq 0,05$, odbacuje se H_0 i prihvata H_a. Ukoliko je $p > 0,05$ prihvata se H_0.

3. PRIKAZ REZULTATA RADA

U radu su razmatrane grupe ispitanika po polu, uzrastu, vozačkom stažu, učestalosti vožnje, kategoriji vozačke dozvole koju poseduju i po regionima u kojima žive, kako bi se proverilie potencijalne razlike između navedenih grupa u poznavanju saobraćajnih pravila koje važe na kružnim raskrsnicama. Poređeni su sledeći regioni Srbije: Vojvodina, Istočna Srbija, Zapadna Srbija, Južna Srbija, Centralna Srbija i posebno grad Beograd. Kategorije vozača po vozačkom stažu su sledeće: vozači sa probnom vozačkom dozvolom, vozači koji poseduju vozačku dozvolu do pet godina, vozači koji poseduju vozačku dozvolu preko pet godina.

3.1. Demografske karakteristike ispitanika

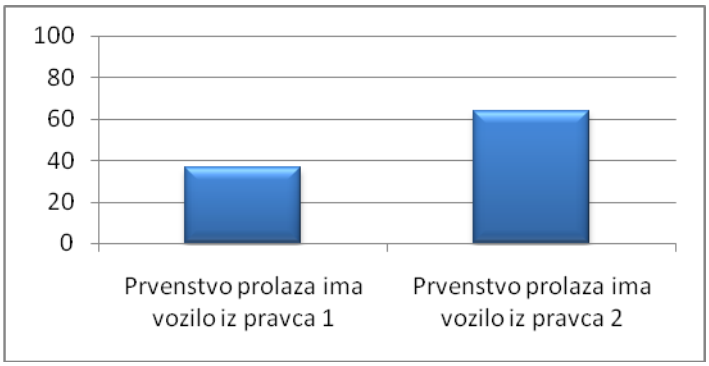
U anketi je učestvovalo 137 ispitanika. Uzorak čini 50,4% osoba ženskog pola i 49,6% muškaraca, starosne strukture između 18 i 35 godina. Prema obrazovnoj strukturi, 40,1% ispitanika pohađa srednju školu, 46,7% fakultet, dok su ostali ispitanici završili fakultet (13,1%). Vozači koji poseduju vozačku dozvolu do pet godina čine 41,6% ukupnog uzorka, vozači koji poseduju vozačku dozvolu preko pet godina 46%, vozači sa probnom vozačkom dozvolom čine 4,4% ispitanika, dok 8% vozača ne poseduje vozačku dozvolu (ispitanici su u procesu obuke ili imaju položen PSP ispit). Prema regionima u Srbiji raspodela uzorka pokazuje da najviše ispitanika ima iz Vojvodine (23%), zatim Beograda (20%), Centralne i zapadne Srbije po 16%, a ostatak ispitanika je iz Istočne i Južne Srbije (13%, 12% respektivno). Najmanji procenat ispitanika ima vozačku dozvolu samo „A“ kategorije (0,7%), slede ispitanici koji imaju vozačku dozvolu samo „C“ kategorije (3%), dok najviše ispitanika ima vozačku dozvolu samo za putnički automobil (79,6%). Dozvolu za sve tri kategorije ima 2,2% ispitanika, dok za motocikl i putnički automobil, odnosno putnički automobil i teretno vozilo ima 7,3% i 8% ispitanika, respektivno. U nastavku rada prikazani su najznačajniji rezultati istraživanja.

3.2. Analiza pojedinačnih pitanja o kružnim raskrsnicama

Prvo pitanje, namenjeno ispitivanju vozača o poznavanju pravila na kružnim raskrsnicama, se odnosi na konkretnu raskrsnicu koja se nalazu na ulazu u Kragujevac iz pravca Topole (put M 23). Ispitanicu su imali zadatak da odgovore ko ima pravo prvenstvo prolaza na navedenoj raskrsnici (Slika 2.)? Na slici 3. je prikazan procenat odgovora na postavljeno pitanje. MoŽe se videti da je 36,5% ispitanika odgovorilo tačno, odnosno da vozilo koje nailazi iz pravca 1 ima pravo prvenstva prolaza (pod pretpostavkom da oba vozila nailaze u istom trenutku na kružni tok, vozilo 1 ima pravo prvenstva prolaza jer ranije ulazi u kružni tok), dok je 63,5% ispitanika odgovorilo netačno.



Slika 2. *Prikaz kružne raskrsnice 1*

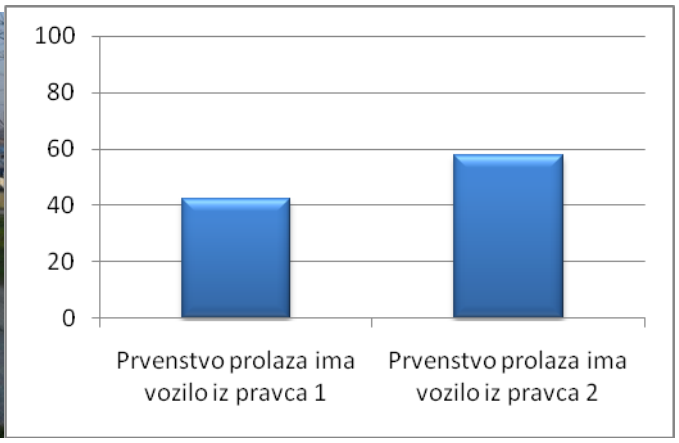


Slika 3. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje 1*

Da bi se proverili rezultati prethodnog pitanja, ispitanicima je postavljeno identično pitanje samo sa slikom iz ugla vozača koji se približava kružnom toku (Slika 4.). Na slici 4. mogu se uočiti i propusti napravljeni pri postavljanju vertikalne signalizacije na kraku 1, gde je redosled saobraćajnih znakova nepravilno postavljen. Saobraćajni znak II-1 (znak "ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza" (II-1), koji označava blizinu raskrsnice na kojoj vozač mora da ustupi prvenstvo prolaza vozilima koja se kreću po putu na koji on nailazi), morao bi da se nalazi iznad saobraćajnog znaka II-45.2 (“kružni tok saobraćaja" (II-45.2), koji označava kolovoz odnosno deo kolovoza kojim se vozila moraju kretati), po “Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji” [8]. Na Slici 5. se može videti da je 42,3% ispitanika tačno odgovorilo, dok je 57,7% dalo pogrešan odgovor. Pitanje “Koje pravilo saobraćaja se primenjuje u navedenim slučajevima”, namenjeno je proveri načina razmišljanja vozača. 42,3% ispitanika smatra da se na navedenim raskrsnicama primenjuje pravilo desne strane, dok se za pravilo prvenstva prolaza vozila koje je u kružnom toku odlučilo 57,7% ispitanika.

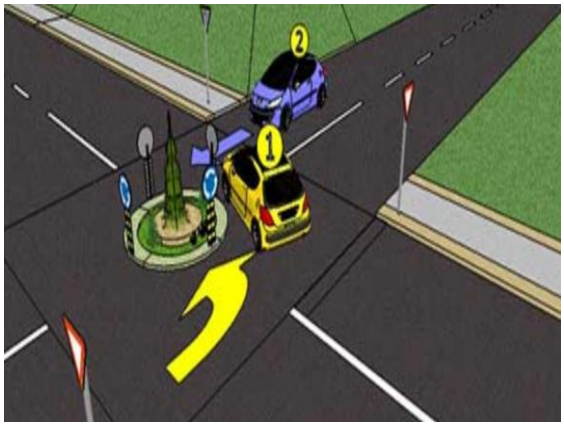


Slika 4. *Prikaz kružne raskrsnice iz ugla vozača*

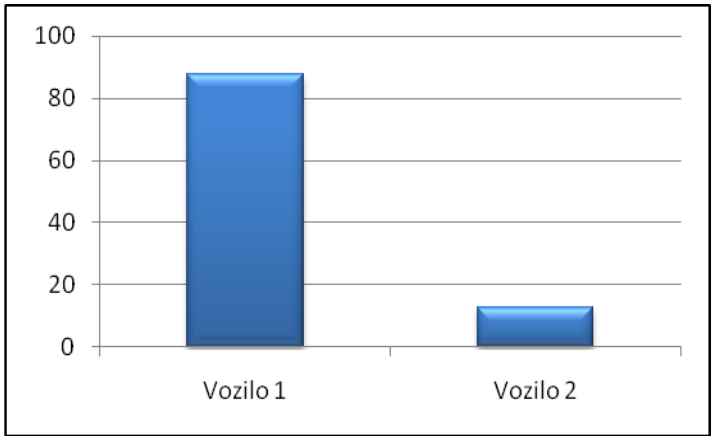


Slika 5. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na kontrolno pitanje*

Naredno pitatanje o pravu prvenstva prolaza na kružnoj raskrsnici je prikazano na Slici 6. Tačno je odgovorilo 87,6% ispitanika, dok je 12,4% ispitanika dalo pogrešan odgovor (Slika 7.).

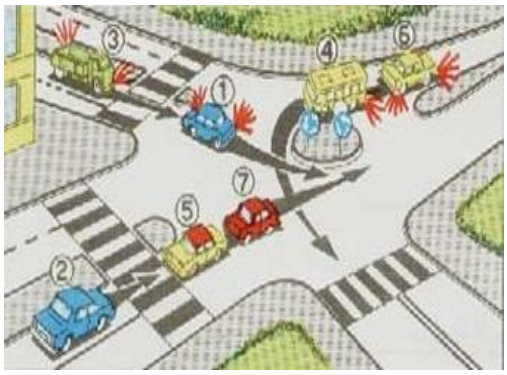


Slika 6. *Prikaz kružne raskrsnice 2*

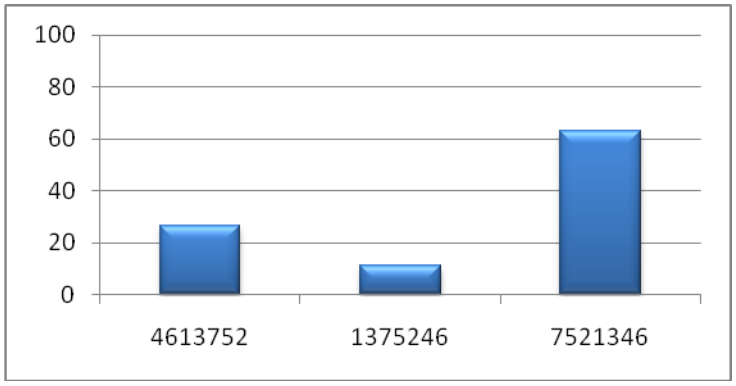


Slika 7. *Procenat odgovora na pitanje 2*

Pitanje o kružnim raskrsnicama, koje je preuzeto iz udzbenika za polaganje vozačkog ispita po starom programu obuke, prikazano je na Slici 8. Tačan odgovor je dalo 62,8% ispitanika, dok je 26,3 i 10,9% ispitanika izabralo netačne alternative (Slika 9.).

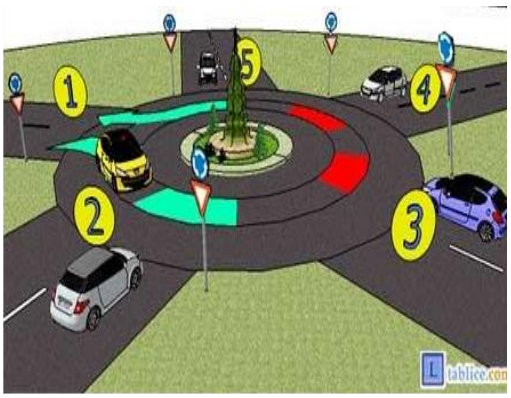


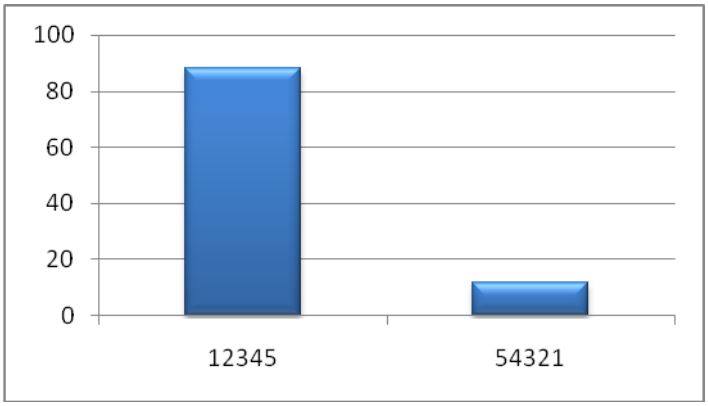
Slika 8. *Prikaz kružne raskrsnice 3*



Slika 9. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje 3*

Pravilan redosled prolaska vozila koja nailaze na raskrsnicu prikazanu na Slici 10. bio je zadatak ispitanicima na 4. pitanje o kružnim raskrsnicama. Navedena raskrsnica nije predstavljala veliki problem ispitanicima, jer je 88,3% ispitanika tačno odgovorilo na postavljeno pitanje.



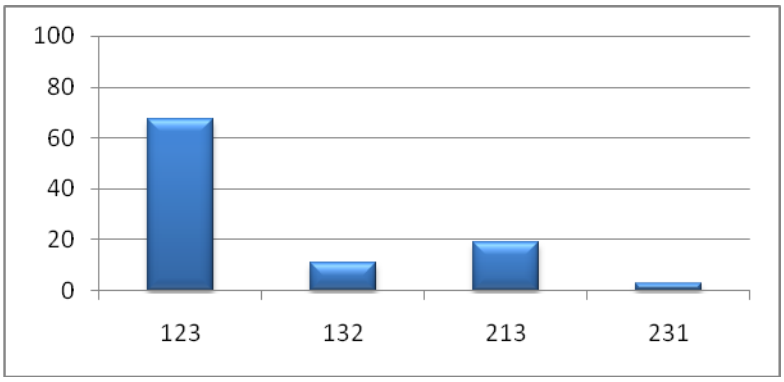


Slika 10. *Prikaz kružne raskrsnice 4*

Slika 11. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje 4*

Na Slici 12. prikazana je kružna raskrsnica koja, osim saobraćajnog znaka II-45.2 (“kružni tok saobraćaja"), na dva kraka ima saobraćajni znak II-1 (znak "ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza"), a na jednom kraku znak II–2 ("obavezno zaustavljanje" II-2). Na navedeno pitanje tačno je odgovorilo 19% ispitanika (alternative 213), dok se najveći procenat ispitanika odlučio za netačnu alternative 123 (67,2%) (Slika 13.).

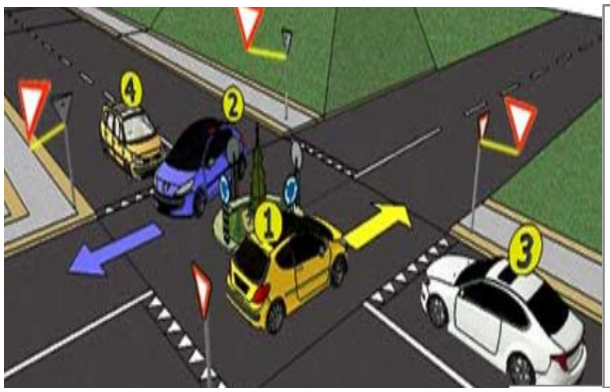


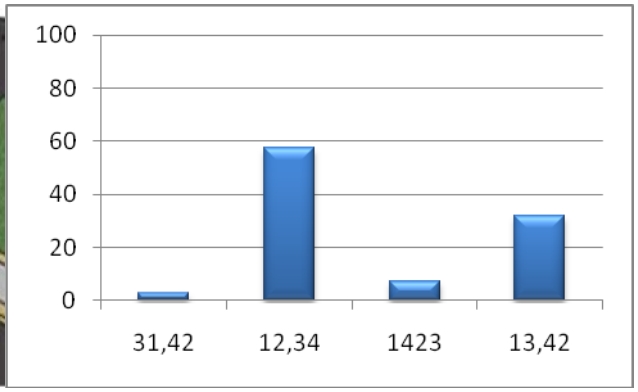


Slika 12. *Prikaz kružne raskrsnice 5*

Slika 13. *Procenat odgovora na pitanje 5*

Ispitanici su imali zadatak da odrede pravilan redosled kroz četvorokraku kružnu raskrsnicu, koja na svim kracima ima saobraćajni znak II-1 (znak "ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza") (Slika 14.). Nešto više od polovine ispitanika je tačno odgovorilo (57,7%) na ovo pitanje (Slika 15.).



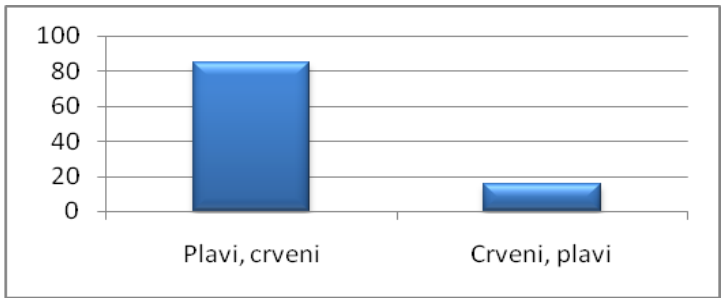


Slika 14. *Prikaz kružne raskrsnice 6*

Slika 15. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje 7*

Naredno pitatanje o pravu prvenstva prolaza na kružnoj raskrsnici je prikazano na Slici 16. Tačno je odgovorilo samo 15,3% ispitanika (crveno vozilo), dok 84,7% nije dalo tačan odgovor (plavo vozilo) (Slika 17.).



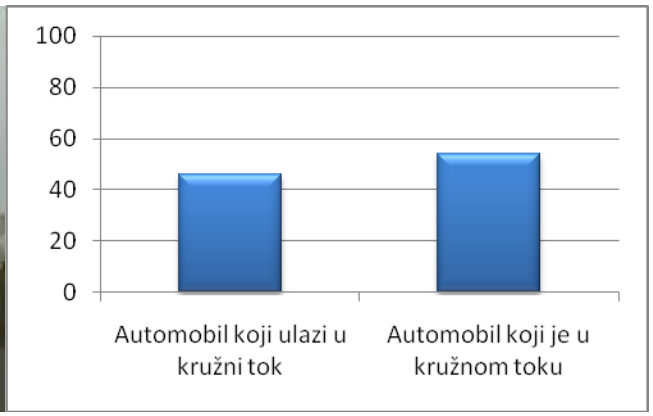


Slika 16. *Prikaz kružne raskrsnice 7*

Slika 17. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje 7*

Drugo pitanje o kružnim raskrsnicama se odnosi na konkretnu raskrsnicu koja se nalazu u Beogradu, pod nazivom "Autokomanda". Prvi deo pitanja, koji se odnosi na ulaz u kružni tok iz pravca Slavije (Slika 18.) (ispitanicima je prikazan video snimak konkretne saobraćajne situacije), imao je 46% tačnih odgovora (Slika 19.).



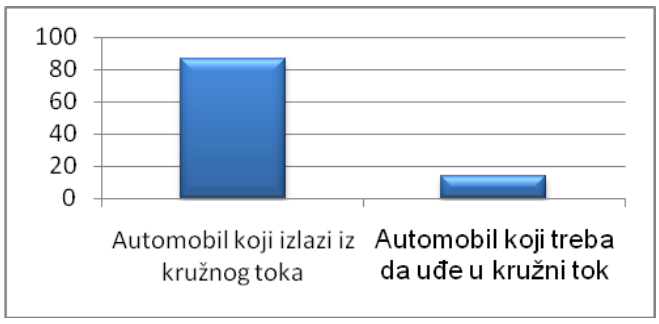


Slika 18. *Prikaz kružne raskrsnice Autokomanda/ulaz*

Slika 19. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje o kružnoj raskrsnici Autokomanda/ulaz*

Na drugi deo pitanja, koji se odnosi na izlaz iz kružnog toka Autokomanda (u ulicu Bulevar oslobodjenja) (Slika 20.) (ispitanicima je prikazan video snimak konkretne saobraćajne situacije) ispitanici su tačno odgovorili u 86,1% slučajeva (Slika 21.), što je za 39,9% više tačnih odgovora od pitanja koje se odnosi na pravo prvenstva prolaza na ulazu u kružni tok.





Slika 20. *Prikaz kružne raskrsnice Autokomanda/izlaz*

Slika 21. *Procenat tačnih i pogrešnih odgovora na pitanje o kružnoj raskrsnici Autokomanda/ulaz*

3.3. Statistička analiza podataka

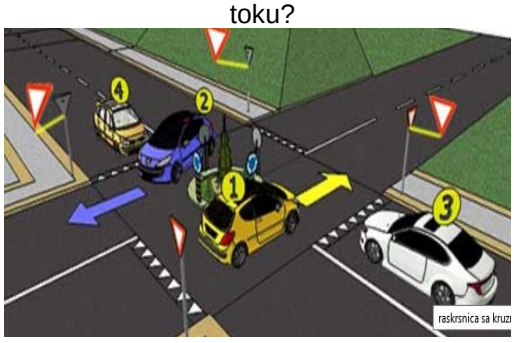
Statistička analiza podataka je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika u nivou znanja o pravilima koja važe u kružnim raskrsnicama po polu, uzrastu, regionu stanovanja, učestalosti korišćenja motornog vozila i kategoriji vozačke dozvole ispitanika. Statistički značajna razlika postoji kod pitanja o pravilu prvenstva prolaza u kružnom toku u Kragujevcu (χ^2=6,242; p=0,044), gledano po nivou obrazovanja

ispitanika, odnosno ispitanici sa većim stepenom obrazovanja imaju veći procenat tačnih odgovora (Tabela 1.). Prema dužini posedovanja vozačke dozvole postoje statistički značajne razlike kod dva pitanja koja su prikazana u Tabeli 2.

Tabela 1. *Satistički značajne razlike po nivou obrazovanja*

Pitanja	Kategorija	Srednji rang	χ^2	p
Ko ima pravo prvenstva prolaza u kružnom toku? 	Srednje obrazovanje	64,11	6,242	0,044
	Visoko obrazovanje	68,31		
	Master/magistar	86,39		

Tabela 2. *Satistički značajne razlike po dužini posedovanja vozačke dozvole*

Pitanja	Kategorija	Srednji rang	χ^2	p
Ko ima pravo prvenstva prolaza u kružnom toku? 	Ne poseduju vozačku dozvolu	79,18	14,776	0,002
	Poseduju probnu vozačku dozvolu	83,33		
	Poseduju vozačku dozvolu do 5 godina	64,11		
	Poseduju vozačku dozvolu preko 5 godina	70,29		
Ko ima pravo prvenstva prolaza u kružnom toku? 	Ne poseduju vozačku dozvolu	85,91	17,584	0,040
	Poseduju probnu vozačku dozvolu	61,00		
	Poseduju vozačku dozvolu do 5 godina	62,20		
	Poseduju vozačku dozvolu preko 5 godina	72,96		

4. Zaključak sa diskusijom

Analizom prikupljenih podatka dolazi se do zaključka da je ukupan prosečni procenat tačnih odgovora o poznavanju pravila na kružnim raskrsnicama 54,5%, što predstavlja nizak nivo znanja, s obzirom da su anketirani isključivo vozači motornih vozila. Najniži procenat tačnih odgovora ispitanici su imali na kružnim raskrsnicama u kojima važi pravilo desne strane. Na primeru kružnog toka u Kragujevcu, mogu se uočiti nepravilnosti u geometriji raskrsnice i u postavljenoj vertikalnoj signalizaciji koje dovode do „zabune“ vozača. Statistička analiza podataka prikazuje da ne postoji zavisnost između mesta stanovanja i poznavanja pravila o kružnim raskrsnicama, na osnovu čega se moze zaključiti da vozači svoje stečeno (ne)znanje primenjuju u svim situacijama, što predstavlja odličnu osnovu za pravilnu obuku vozača. Takođe razloge loših rezultata treba tražiti i u analizi rada auto škola, saobraćajne policije, učestalosti primene kampanja, ali i radu lokalnih zajednica na poslovima unapređenja oblasti edukacije i bezbednosti saobraćaja [9]. Za poboljšanje trenutnog nivoa znanja o poznavanju pravila koja važe u kružnim raskrsnicama, poželjno je pratiti strana iskustva o periodičnim proverama znanja vozača, kao i razmotriti mogućnost implementacije tih programa u Republici Srbiji. Za sve vozače bi trebalo organizovati edukaciju i proveru znanja putem medija i sistema obrazovanja čime bi se podigla društvena odgovornost učesnika u saobraćaju, kao i nivo znanja, a time ni veća bezbednost u saobraćaju ne bi izostala.

Literatura

[1] Brown, M. 1995. The Design of Roundabouts.
[2] Šenica, G., Milošević, D. Savremene raskrsnice sa kružnim tokom – proces planiranja, 1-8.
[3] Čubrilo, N., Kuveljić, M. Značaj projektovanja i rekonstrukcije klasičnih semaforizovanih raskrsnica u kružne raskrsnice (rotore) u gradskim područjima, sa aspekta životne sredine.
[4] Smjernice projektovanje, gradjenje održavanje i nadzor na putevima. Knjiga I, 2005. Bosna i Hercegovina.
[5] Kenjić, Z. Izbor tipa raskrsnice primjenom multikriterijske analize, 1-9.
[6] Bhagwant, P., Richard, R., Per, G. (2000). Dominique Lord, "Crash Reductions Following Installation of Roundabouts in the United States".
[7] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2000. "Roundabouts: An Informational Guide".
[8] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji, 2010. Pravilnik je objavljen u "Službenom glasniku RS", broj 26/2010.
[9] Čičević, S., Vožni, V., Trifunović, A., Vujanić, M. (2014). Poređenje teorijskog znanja u Srbiji po regionima.

PASSIVELY SAFE ROAD INFRASTRUCTURE – JUST A FASHION TREND OR A REAL NEED?

Demeter Prislan, B. Sc. Ec.,[1]
[1] *representative Safety Product, ICC DEMETER PRISLAN S.P., demeter.prislan@siol.net*

Abstract: *The fact that road traffic is a serious problem of society in respect of people being killed and hurt in the accidents is gaining every day more and more attention. The estimations of monetary value of one fatality are reaching 1,7million euros and even more. The economic damage, only in Europe, is immense, not to mention the psychic traumas of people closely related to the victims. Roads are meant to bring you to the desired destination but they just cannot be only a stabilised driving surface. According to the high volume of traffic, roads need to be designed in a way to ensure the maximum safety possible. It means that beside the road geometry, quality of a surface, vertical and horizontal signalisation they must be suitably equipped with passively safe road infrastructure or as used in some countries, road furniture. European norms for passively safe infrastructure already exist but there is no common approach to the implementation of passive safety in respect to the infrastructure. Unfortunately the sphere of road furniture is often considered as a trendy fashion in road design being likely a money making issue. The article explains, on example of poles for public lighting, that the implementation of passively safe road furniture is a real need.*

Key words: *passively safe infrastructure, road furniture, European norms, poles for public lighting*

1. INTRODUCTION

The ETSC (European Transport Safety Council) is monitoring the situation in traffic safety in the EU (European Union) already for many years. Through different reports about the general situation and specific problems, we can see the overall success in reduction of road deaths and heavy injuries although the goal, the reduction of 50% of fatalities with regard to every previous decade, was set very ambitious. The reason for the implementation of such ambitious programme is for sure a moral aspect with regard to society but also a financial one. ETSC estimates the monetary value to society of the human losses avoided by preventing one fatality to be 1,70 million euro. On this basis, the total value to society of the reductions in road deaths in EU27 over the years 2002-2010 compared with 2001 is estimated as 176 billion euro. Putting a monetary value on prevention of loss of human life and limb can provoke strong reactions on ethical grounds. However, doing so makes it possible to assess objectively the costs and the benefits of road safety measures and to make the maximum use of generally limited resources. If no one had been killed in road traffic collisions in 2010, the benefits to the society would have been valued at 53 billion euro. If no one had

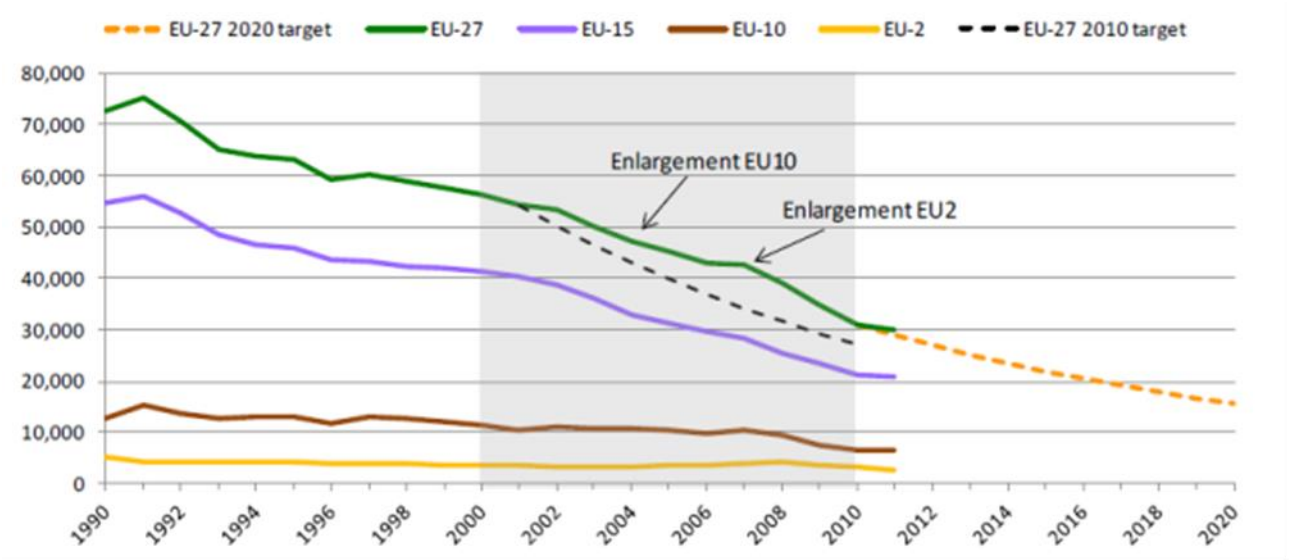


Figure 1*: Reduction in road deaths since 1990 in the EU27 (green line), the EU15 (purple line), the EU10 (brown line) and the EU2 (Bulgaria and Romania, yellow line)*
Source: CARE database 1990-2000 and PIN Panellist (2001-2011) [2]

[1] Demeter Prislan: demeter.prislan@siol.net

been killed or seriously injured, the benefits to society would have been of the order of 105 billion euro and they would have been of the order of 210 billion euro if there had been no collisions at all on EU roads. The value of preventing all road collisions in 2010 would have been more than 50% greater than the EU budget or 1,8% of EU GDP. [1]

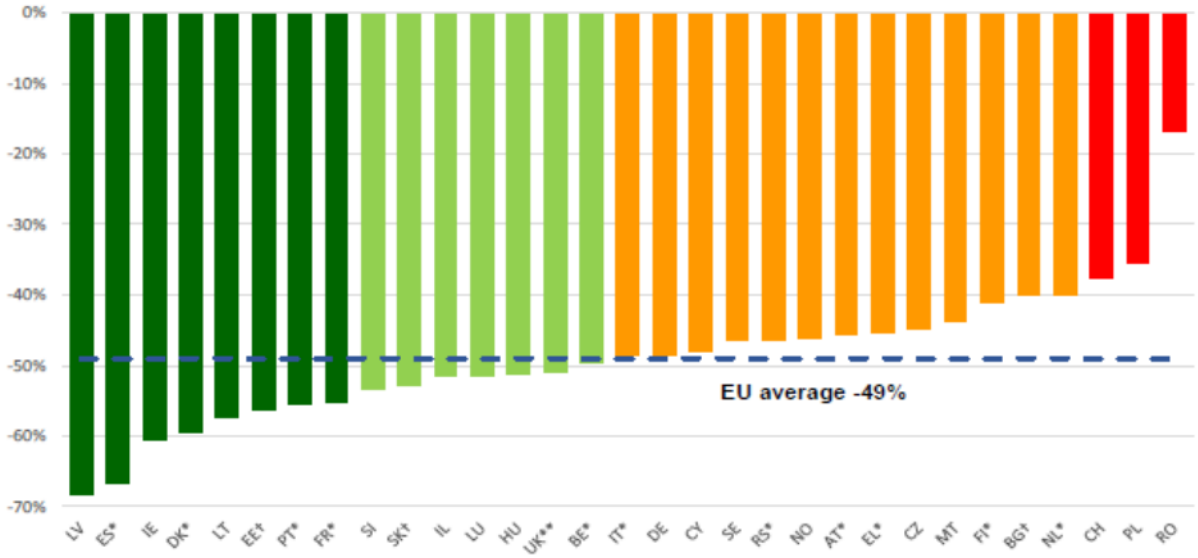


Figure 2: *Percentage change in road deaths between 2001 and 2012*
** Provisional estimates used for 2012, as the final figures for 2012 are not yet available at the time of going to print. ** UK estimate based on 10% decrease in killed in 2012 Q1-3 compared with 2011 Q1-3. †ETSC estimates based on EC CARE Quick Indicator.*
Source: ETSC 7th Road Safety PIN Report [3]

Following disappointing results from 2011, the year 2012 brings a welcome contrast as 27 out the 31 countries monitored by the PIN Programme registered a drop in the number of road deaths. There have been 2,661 fewer road deaths in 2012 than in 2011 in the EU as a whole. The monetary value of this reduction is estimated at 5 billion Euro. For the EU to be reaching the 2020 target through constant annual progress, another 600 deaths would have had to be saved over the 2011-2012 period. [3]

2. ROAD SAFETY

Life is about making mistakes. We make them in our private life, in communication, on job, when being in the car or as pedestrians or we make them designing and constructing roads. It's human. Recognizing this fact brought us to awareness that the responsibility for the safe road traffic cannot be reduced to the responsibility of the driver only. Driver cannot be responsible for an accident if the road is not maintained to a proper level according to its category and therefore provokes dangerous situations with unpredictable consequences. Far behind are times when driver was responsible in whatever case. The saying "the driver must adjust his speed according to the circumstances on the road" was too often used to protect the road connected institutions involved (mostly, these were state institutions) from responsibility. Driver was blamed for everything, even if he bumped in the pothole on the highway and therefore lost the control over the car. Must we really expect potholes on the highway and adapt our speed according to the condition of the driving surface? Why are the highways built than anyway if we cannot use the feature of a speed movement from one destination to another?
This illogical fact and the development of private initiative in road sector gave us a new finding and awareness that the responsibility for a road accident exists not only on the driver's side but also on the side of the owner, manager, designer or supervisor of a certain road. Such shared responsibility can bring a further development in road safety especially because the road owner or concessioner will do the best possible to hand over to exploitation and maintain a certain road in such condition that will give the best possible passive safety of a traffic. In this respect a constant development of road passive safety approaches can be observed, leading to the concept of self-explaining roads and forgiving roadsides in different countries, mostly in the northern part of Europe, lately also in other European countries and EU newcomers.

Different programmes were formed with a scope to improve traffic safety through the implementation of road safety solutions following the concepts of self-explaining roads and forgiving roadsides. Based on three objectives: Development of evaluation tools, Assessment of forgiving road safety measures and Comparison and implementation of approaches of self–explaining roads different programmes started, like:

- IRDES: Improving Roadside Design to Forgive Human Errors
- EuRSI: European Road Safety Inspection
- RISMET: Road Infrastructure Safety Management Evaluation Tools
- SPACE: Speed Adaption Control by Self-explaining Roads
- ERASER: Evaluations to Realize a common Approach to Self-explaining European Roads

Already before these programmes a RISER (Roadside Infrastructure for Safer European Roads) project started in 2003, which final report was printed in 2006. The project consists of identification and collection of data, analysis of accidents data and development of best practise guidelines for roadside infrastructure. The analysis of this project shows, beside other dangerous elements of the road, that the collision speed in the fatal accidents into the trees varied from 140 km/h to 75 km/h and into posts and poles from 100 km/h to 70 km/h while evaluating that already a speed of 40 km/h into the pole of 0,1 m diameter can already provoke serious or fatal injuries. The project defines also recovery and safety zones of the road, recommending measures for their improvement. [4]

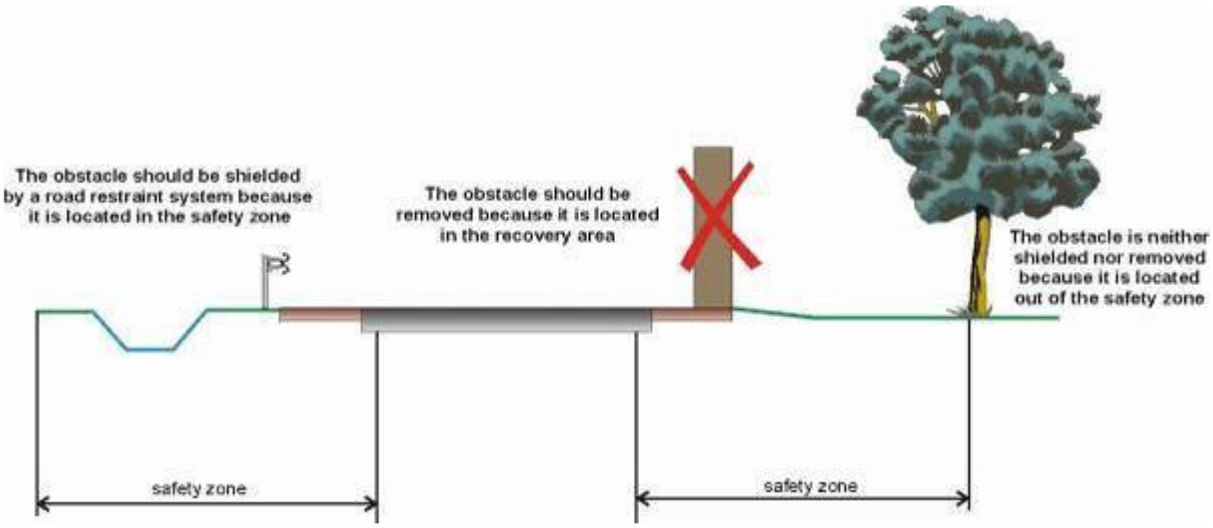


Figure 3: *Definition of Safety Zone*
Source: RISER Final Publishable Report [4]

One of the programmes that runs parallel to the mentioned ones is also the EuroRAP that started in 1999 and took the Europe Free of High Risk Roads as its principle. With the support of Governments and motoring clubs across Europe, RSF, ANWB, ADAC and TRL the aim was to develop EuroRAP as a sister programme to EuroNCAP, focusing on the least understood pillar of the safe road system - infrastructure. The programme seeks to promote improvement of road safety through road design. Through its protocols Risk Mapping, Road Inspections and Star Rating defines Investment Plan that is supposed to be followed by Performance Tracking to identify the effectiveness of the measures taken.

3. ROAD INFRASTRUCTURE

If we are talking about road infrastructure having in mind road safety it is obligatory to think only about passively safe road infrastructure. The meaning of road infrastructure covers a very wide range of different items connected to the road but where the interest is concentrated regarding passive safety is the equipment of the road, also called road furniture. Through decades, these elements were made without having in mind that, beside their basic function like giving traffic information, illuminating roads in the night, etc., they could be extremely dangerous as an obstacle for an errant vehicle. Based on such experiences and taking into consideration also protection of dangerous sections of roads, guardrails started to take an enormous part in the role of safer roads. Nowadays the main categories of passive safety road equipment are safety barriers, crash cushions, end terminals, transitions, arrester beds and support structures. The last ones are the least common in use because of their development problems (how to make a strong support yet soft enough to enable survival in the case of a crash) and because safety solutions were focused mostly on the highways, motorways, and problems of state and regional roads remained aside for some future times. Today people and institutions are more aware of statistics that shows an alarming data of fatalities and serious injuries on

the rural and urban rods. Only approximately 5 – 10% belong to highways but 55% to the roads outside urban area and approximately 35% to the urban area. This fact calls for immediate focusing of the problems in road safety on non-highway roads in all countries of Europe.

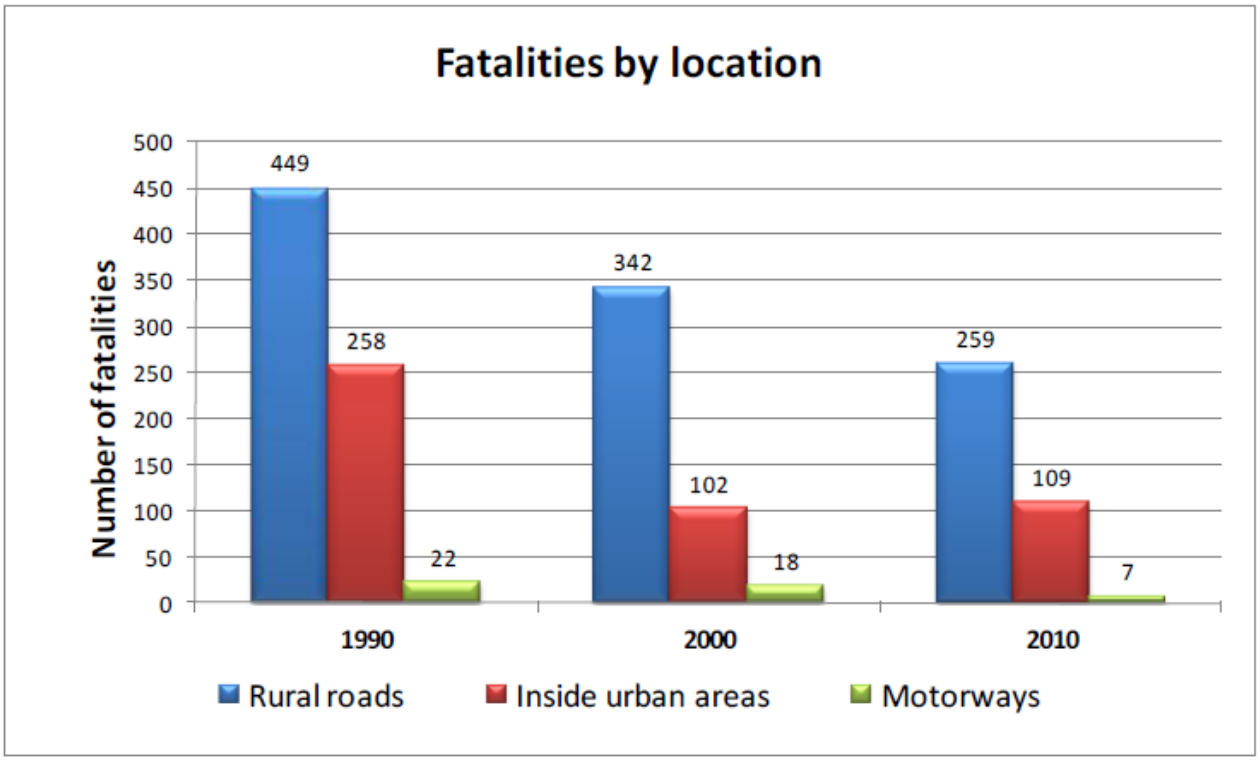


Figure 4: *Reported fatalities by road type – Slovenia*
Source: IRTAD – Road Safety Annual Report 2011 [5]

3. 1. Forgiving roadsides

The IRDES project was focused on the concept of forgiving roadsides and the main outcomes of this project are Practical Guide for the Assessment of Treatment Effectiveness and Forgiving Roadside Design Guide.
The roadside features for which recommendations have been developed are:

- Barrier terminals
- Forgiving support structures for road equipment
- Shoulder rumble strips
- Shoulder width

It is frequent to hear amongst designers and road managers that obstacles in the roadside NEED to be protected with safety barriers. This simplistic approach should be overcome. To reach a forgiving roadsides design approach by placing a barrier (with its length of need and its terminals) is not necessarily the most "forgiving" solution and it can be extremely costly as compared to the achieved benefits.
Support structures that have been tested according to EN12767 standard are considered to be passively safe or "forgiving" but different performance classes are given in the standard and guidelines for selecting the most appropriate performance class in different situations are given as well.
Even though this type of structures have been in place for several years in several countries including most of the northern European counties (Norway, Finland, Sweden) and Iceland, sound statistical analyses of the effectiveness of using "passively safe" support structures in reducing the severity of crashes were not found. On the other hand, several studies can be found that indicate that crashes against these type of structures rarely lead to severe consequences.
A risk assessment of the potential effect of using passively safe lighting columns and signposts has been performed in the UK by combining the likelihood of occurrence of different events that can lead to passenger injuries. The risk associated with the use of "passively safe" or "forgiving" lighting columns resulted almost 8 times lower than the risk associated to conventional unprotected columns. The solution of protecting the column with a safety barrier is still 2 times higher than the risk associated by "passively safe" columns. [6]

3.2. Support structures - columns

The support structures that are mainly considered being columns, posts and poles but also other structures that serve to hold a certain road elements can be breakaway or energy absorbing type. They are used for lighting columns, utility posts, signposts and similar, designed so that they break or deform in a controlled way when impacted by a vehicle. The EN 12767 defines which support structure is passively safe. Based on characteristic of impact velocity and exit speed we distinguish three different types of behaviour: high energy absorbing (HE), low energy absorbing (LE) and none energy absorbing (NE). [7]

Table 1: *Impact speed and criteria for the energy absorption classification.*

Impact speed, v_I km/h	50	70	100
Energy absorption category	Exit speed, v_e km/h		
HE (high)	$v_e = 0$	$0 \leq v_e \leq 5$	$0 \leq v_e \leq 50$
LE (low)	$0 < v_e \leq 5$	$5 < v_e \leq 30$	$50 < v_e \leq 70$
NE (none)	$5 < v_e \leq 50$	$30 < v_e \leq 70$	$70 < v_e \leq 100$

Source: EN 12767 Passive safety of support structures for road equipment [7]

In accordance with the table above table (Table 1) support structures (columns, poles) are tested at different impact speed and depending on the exit speed categorized in one of the groups in the table. This is an important fact to know whether the vehicle might run after collision with almost unchanged speed into the potential secondary obstacle or it will gradually lower the speed or stop. Obviously, although a passively safe column stops a vehicle, there is a big difference in the effect of a car crash between non-passively safe and passively safe pole.



Figure 5: *Impact speed 46 km/h. Crash into conventional pole – almost immediate stop (green car) and crash into the passively safe pole – gradual slow down can be observed defining the car's position with regard to the elements behind (HE pole)*

Source: ŠKRILEC, J.: Zaključno poročilo: Poskusni trki vozil MS 2009 Zippole – klasičen drog, Murska Sobota 2009 [8]

When it comes to evaluation of the effects on the passengers in the vehicle the norm defines values for the safety of occupants, determining classes of safety based on the values for Acceleration Severity Index and Theoretical Head Impact Velocity, both with regard to the class of impact speed and the category of energy absorption. The ASI and THIV are calculated in accordance with EN 1317-1.
For a given combination of the energy absorption category and occupant safety level, the ACI and THIV values, rounded in accordance with 6.12, shall not exceed the maximum values specified in Table 2 for both the low impact speed and the high impact speed tests. [7]

Different demands and evaluations are taken into account beside the category of occupant safety to determine the type of support structures for road equipment whereas following parameters are taken into consideration:

- Expected risk of accidents damage or harm and possible calculation of cost and benefit,
- Type of the road and it's geometry,
- Characteristic speed of a vehicle on a certain location,
- Presence of other objects, constructions, trees or pedestrians,
- Presence of different systems for lowering the speed.

Based on this parameters road authorities specify requests for a certain level of passive safety of support structures.
Very often, when discussing about the critical speed, possibilities of survival in certain cases, people that are not professionaly involved in road passive safety issues, have opinion that the speed of 50 km/h is still safe

Table 3: *Criteria for the occupants' safety levels*

Energy absorption categories	Occupant safety level	Speeds			
		Mandatory low speed impact test - 35 km/h		Speed class impact tests 50, 70 and 100 km/h	
		Maximum values		Maximum values	
		ASI	THIV km/h	ASI	THIV km/h
HE	3	1,0	27	1,0	27
HE	2	1,0	27	1,2	33
HE	1	1,0	27	1,4	44
LE	3	1,0	27	1,0	27
LE	2	1,0	27	1,2	33
LE	1	1,0	27	1,4	44
NE	3	0,6	11	0,6	11
NE	2	1,0	27	1,0	27
NE	1	1,0	27	1,2	33

Source: EN 12767 Passive safety of support structures for road equipment [7]

and that there is no need for passive safe road equipment. As it can be seen from recordings of the crash test site even so called low speed can be potentially a dangerous one therefore it is no wonder that in the guidelines of countries with "passive safe infrastructure awareness" even on roads with speed limit 50 km/h passively safe equipment is requested.

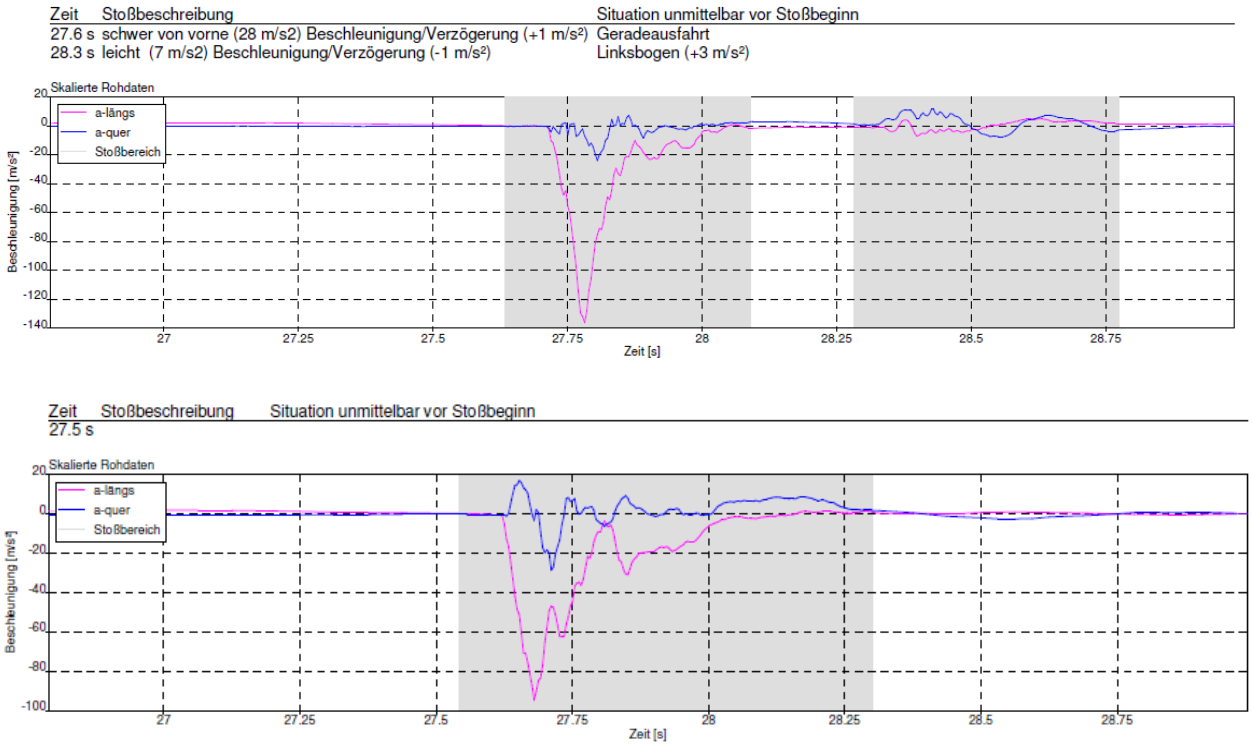


Figure 6: *Recordings of deceleration and duration for the case of green and red car from the figure 5. Although both graphs seem similar one need to pay attention to the amplitudes of deceleration and duration of the crash: conventional column (green car) duration 0,5 seconds, deceleration -138 m/s² and passively safe column (red car) duration 0,74 seconds, deceleration -95 m/s².*
Source: ŠKRILEC, J.: Zaključno poročilo: Poskusni trki vozil MS 2009 Zippole – klasičen drog, Murska Sobota 2009 [8]

3.3. Implementation

Passively safe support structures are regularly used in countries like Great Britain, Norway, Sweden, Finland, Netherland and lately Belgium. There are also other countries of EU that are introducing passively safe road support structures but the problem is that the implementation is not regulated with guidelines but usually only with recommendations. Sometimes there are even no recommendations available for the use of passive safe road equipment and only the awareness of designers is helping increasing the country's image of passive safety of road traffic. For example in Slovenia, the use of passive safe lighting columns become interesting through the possibility given in the guidelines for guardrails. A possibility is given to omit a guardrail if it should be installed only to protect against the possible collision with a (lighting) column if the lighting column had been tested and corresponds to the norm EN 12767 (Passive safety of support structures for road equipment). On the other hand, a country like Great Britain had already regulated the sphere of passively safe infrastructure publishing the Passive Safety UK Guidelines for Specification and Use of Passively Safe Street Furniture on the UK Road Network. Having such approach to the passive safety means that there is less uncertainty in designing and installing and therefore fewer possibilities for wrong implementation or misuse of passively safe equipment.

3.4. Economics

Usually, when discussion comes to financial evaluation of introduction of passively safe equipment the opinion is that this can be extremely high and that the costs cannot be justified with the effects of implementation. This is a very simplistic view on the whole issue. The fact is that we should not observe only the price of a single item but see the whole project of a passive safety also in connection with the state level of economy.

Removing low voltage net, up in the air	6 810,08 EUR
Installing low voltage net below ground level, 1560m	62 443,96 EUR
Couplings low voltage net	7 334,60 EUR
Renewing and couplings low voltage net	38 802,40 EUR
Cabling below ground level for public lighting	32 885,71 EUR
Total net adjustments:	**148 276,75** EUR
Public lighting: poles and lamps	
- 45 poles, powder coated, 8m height - conventional	27 262,80 EUR
- 45 lamps, SON-T 100 watt	13 495,50 EUR
Recycling:	14,90 EUR
Poles and lamps:	40 773,20 EUR
Connection costs:	6 390,00 EUR
Total, excl. VAT:	47 163,20 EUR
Total	**195.439,95** EUR

Removing low voltage net, up in the air	6 810,08 EUR
Installing low voltage net below ground level, 1560m	62 443,96 EUR
Couplings low voltage net	7 334,60 EUR
Renewing and couplings low voltage net	38 802,40 EUR
Cabling below ground level for public lighting, 1430m	32 885,71 EUR
Total net adjustments:	**148 276,75** EUR
Public lighting: poles and lamps	
- 45 poles, powder coated, 8m height – passively safe	29 239,65 EUR
- 45 lamps, SON-T 100 watt	13 817,70 EUR
Recycling:	14,90 EUR
Poles and lamps:	43 072,25 EUR
Connection costs:	6 390,00 EUR
Total, excl. VAT:	49 462,25 EUR
Total	**197.739,00** EUR

Figure 7: *Comparison of two "real life" offers of a certain electricity company to investor – all figures are the same except the columns for public lighting*

Source: Internal documentation of Safety-Product, producer of passively safe poles [9]

Based on facts from the offers shown (Figure 7) it is clear that the difference in price for one pole was not more than 51,00 euro, which is 7,25% more than conventional pole. In the whole project increase in costs represents only 1,18%. The difference is so small that the decision is clearly in favour for passively safe poles. This is only one of many cases that is confirming the fact that passively safe road equipment need not to be essentially more expensive than a conventional one and in some cases it can be even more competitive. With regard to expenses of road equipment for safer roads it is also worth to follow the recommendations of Forgiving Roadside Design Guide generated by the IRDES project. Passive safety applied to signposts and lighting columns is often rejected as being too expensive and beyond the available budget. However, in countries with developed passive safety awareness, on trunk roads passively safe signposts and lighting columns are being used because they are more economical than protecting conventional lighting columns and signposts with barriers.

4. CONCLUSION

Taking into consideration

- the need to decrease fatalities and heavy injuries which is a moral and financial imperative of every society
- results of many research programmes realized in EU for increase of road safety and development of passively safe road infrastructure
- the possibility of cost reduction through the recommended implementation of road equipment
- proven safety features of road equipment through testing according to EN 12767
- existing good experiences in the passive safety pioneer countries of EU
- reasonable prices of road equipment that are not significantly influencing project expenses
- future price reduction of items related to the passive safety because of increased implementation and competition

the conclusion should be “self-explaining”: The use of passively safe road equipment must be obligatory!

We should not talk anymore about expenses for the passively safe road equipment but about investment in the road passive safety and our future. Because that what passive safety is about: investing today at moderate rates to have a valuable profit tomorrow in sense of higher GDP and satisfied citizens.

LITERATURE:

[1] G.J., R.A., M.S., M.P., ETSC, 5th Road Safety PIN Report - Road Safety Target Outcome:100,000 fewer deaths since 2001, Brussels, 21 June 2011 http://www.etsc.eu/PIN-publications.php

[2] G.J., R.A., M.S., ETSC, 6th Road Safety PIN Report - A Challenging Start towards the EU 2020 Road Safety Target, Brussels, 20 June 2012 http://www.etsc.eu/PIN-publications.php

[3] G.J., R.A., M.S., ETSC, 7th Road Safety PIN Report – Back on track to reach the EU 2020 Road Safety Target?, Brussels, 17 June 2013 http://www.etsc.eu/PIN-publications.php

[4] RISER (Roadside Infrastructure for Safer European Roads) Final Publishable Report, Project Co-ordinator: Chalmer University of Technology, Project No.: GRD2/2001/50088, 14.7.2006 http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/riser_final_report.pdf

[5] IRTAD (International Traffic Safety Data and Analysis Group): Road Safety Annual Report 2011, OECD/ITF 2012, http://www.internationaltransportforum.org/irtadpublic/pdf/11IrtadReport.pdf

[6] ERA-NET Final Report: Safety at the Herat of Road Design (2012), 26.1.2014 http://www.eranetroad.org/index.php

[7] EUROPEAN STANDARD EN 12767:2007: Passive safety of support structures for road equipment – Requirements, classification and test methods, Approves by CEN on 23 september 2007, Brussels 2007, www.cen.eu

[8] ŠKRILEC, J.: Zaključno poročilo: Poskusni trki vozil MS 2009 Zippole – klasičen drog, Murska Sobota 2009, skrilec.joze@gmail.com

[9] Internal documentation of Safety-Product, producer of passively safe poles, Belgium www.zippole.com

VEŠTAČENJE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA I PRIMENA NA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

prof. dr Milan Vujanić[1], dipl. inž., Nenad Marković[2], dipl. inž.
[1]Saobraćajni fakultet u Beogradu,vujanic@mail.com
[2]Saobraćajni fakultet u Beogradu, n.markovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Veštačenje saobraćajnih nezgoda je jedna od najstarijih i najpouzdanijih metoda za utvrđivanje direktnih uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda. Na ovaj način se detaljnom analizom raspoloživih materijalnih elemenata vezanih za nastalu saobraćajnu nezgodu, stručnom analizom od strane veštaka, analiziraju uzroci i okolnosti pod kojima je nastala konkretna saobraćajna nezgoda. Utvrđivanjem uzroka i okolnosti veštačenjem se mogu utvrditi ili isključiti eventualni doprinosi puta vezani za nastanak nezgode. Naime, stručnom analizom može se utvrditi da li je put prouzrokovao nastanak saobraćajne nezgode odnosno doprineo nastanku nezgode odnosno materijalne štete. Na taj način mogu se prepoznati nedostaci puta koje je neophodno otkloniti, kako bi put bio bezbedan za saobraćaj. Nedostatak ove metode je što se vrši nakon nastanka nezgode i za njeno kvalitetno sprovođenje potrebno je duže vreme, pa nije pogodna za preventivno delovanje, niti se njome brzo i proaktivno deluje na podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja na putu. S druge strane ova metoda daje najpouzdanije i najpreciznije podatke, tako da je u kombinaciji sa drugim proaktivnim pristupima najcelishodnija za kvalitetno unapređenje nivoa bezbednosti saobraćaja na putu.

KLJUČNE REČI: BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA, PUT, SAOBRAĆAJNE NEZGODE, VEŠTAČENJE, ANALIZE.

1. UVOD

Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (WNO) u svetu svakog dana u saobraćajnim nezgodama smrtno strada više od 3.000 ljudi. Posmatrano na godišnjem nivou, u saobraćaju strada 1,3 miliona ljudi (WNO, 2012[3]). Osim smrtnog stradanja u saobraćaju, saobraćajne nezgode su i značajan uzrok invaliditeta, jer između 20 i 50 miliona ljudi godišnje (WNO, 2009[4]) biva povređeno u saobraćajnim nezgodama. Ekonomski troškovi saobraćajnih nezgoda dostižu 500 milijardi američkih dolara, a nacionalne budžete saobraćajne nezgode opterećuju najčešće u nivou od 1% do 3% bruto nacionalnog dohodka (WNO, 2009). Prema istraživanju (Antić i dr. 2012), troškovi saobraćajnih nezgoda u Srbiji na nivou 2008. godine su iznosili 516 miliona evra, odnosno 1,4% GDP, što odgovara nivou troškova saobraćajnih nezgoda zemalja u tranziciji.

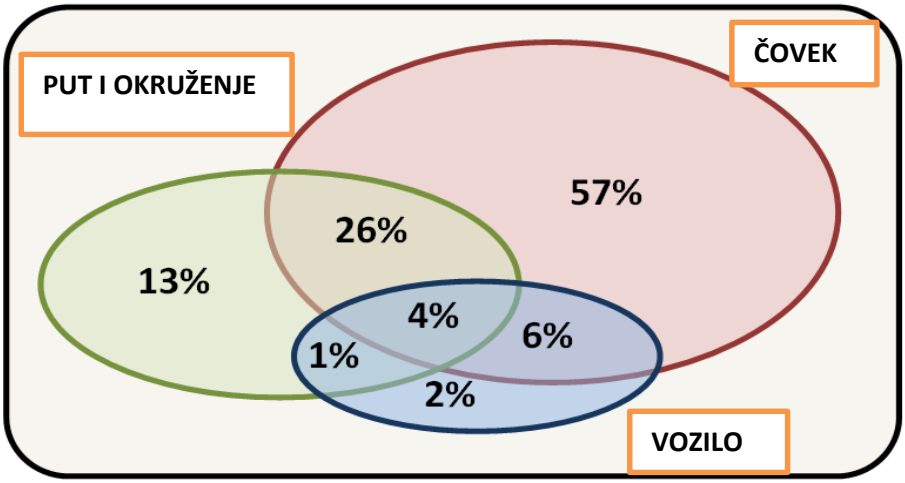
Praćenje nivoa bezbednosti saobraćaja u svetu, je prepoznato kao važan element praćenja stanja sistema, te su odavno doneta neka od strateški važnih dokumenata, koja podstiču na permanentno praćenje saobraćajnog sistema. "Bela knjiga" (2001.) i Evropski akcioni program (2003.) su dokumenta, kojima se podstiče razvoj i usvajanje planova bezbednosti saobraćaja za svako područje zemalja članica. Prema Evropskom akcionom programu, neophodno je prepoznati uticajne subjekte i donosioce odluka na različitim nivoima društva, od lokalnog nivoa, na nekom području, preko nacionalnog do internacionalnog nivoa, kako bi se ujedinili svi činioci koji mogu uticati na stanje bezbednosti saobraćaja. Osim toga, da bi se podigao opšti nivo bezbednosti u saobraćaju, prepoznati su i osnovni činioci bezbednosti saobraćaja, kao što su povećanje nivoa znanja svih učesnika u saobraćaju, podizanje nivoa bezbednosti vozila, podizanje nivoa bezbednosti puta i unapređenje zakonske regulative.

Kao osnovni faktori od uticaja na stanje bezbednosti saobraćaja na nekom području se izdvajaju Čovek, Vozilo, Put i Okruženje, takođe je važno ne izostaviti i njihovu međuzavisnost i uticaj jednih na druge. Naime, prema istraživanjima Svetske zdravstvene organizacije (WHO) na ponašanje vozača u saobraćaju (npr. poštovanje ograničenja brzine) između ostalog utiču faktori puta i putne okoline, kao što su izgled puta, stanje kolovoza, širina saobraćajnih traka, izgled okoline i slično.

---

[2] Nenad Marković: n.markovic@*sf.bg.ac.rs*
[3] WHO (2012) Global Status Report on Road Safety, dana 18.03.2012.
[4] WHO (2009) Global Status Report on Road Safety, dana 18.03.2012.

Na ovaj način je prepoznato da je važno delovati na sve faktore pojedinačno ali pri tom voditi računa da takvo delovanje bude usaglašeno sa željenim ciljem, kako ne bi došlo do pojave neželjenih posledica. Svetska zdravstvana organizacija je prepoznala da je najveći uticaj faktora Čovek na nastanak saobraćajnih nezgoda i to sa 57%, zatim sledi faktor Put i putno okruženje sa 13% i vozilo sa nekih 2%.



Slika br. 1- Procentualna zastupljenost

Na osnovu ovih podataka jasno je da je neophodno u najvećoj meri uticati na faktor Čovek, jer se u njemu nalazi naveći potencijal za podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja. S druge strane na faktor Čovek je najteže delovati konkretnim merama jer je zavisan od velikog broja faktora. Imajući to u vidu značajan potencijal za unapređenje stanja bezbednosti saobraćaja se nalazi u ostalim faktorima Vozilo i Put. Doslednim sprovođenjem Zakonskih normi i poštovanjem pravila saobraćaja mogu se u značajnoj meri unaprediti uticaji ovih faktora i na taj način direktno smanjiti njihov negativan uticaj, a na taj način posredno i delimično smanjiti negativan uticaj faktora Čovek.

U Srbiji je, za razliku od navedenih podataka Svetske zdravstvene organizacije o uticaju pojedinih faktora na nastanak nezgode, raspodela uticaja pojedinih faktora u znatnoj meri različita. Naime, usled načina definisanja propusta i utvrđivanja uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda od strane saobraćajne policije i njihovog nedovoljnog stručnog znanja neophodnog za pouzdano utvrđivanje uzroka nastanka nezgode, dolazi do značajnog odstupanja od svetskih trendova. Naime, kako saobraćajna policija na mestu nezgode ne može uvek pouzdano da utvrdi uticaj puta odnosno vozila na nastanak nezgode, to se u praksi najčešće najveći broj propusta vezuje za vozača, odnosno učesnika u saobraćaju (faktor Čovek), dok se veoma retko prepoznaju i uticaji drugih faktora, a koji se najčešće i kada se prepoznaju definišu kao okolnosti nastanka saobraćajne nezgode, a ne eventualni uzroci.

Imajući u vidu dostupne podatke za 2012. godinu (Agencija za bezbednost saobraćaja), prema kojima se u Srbiji tokom 2012. godine dogodilo 37.559 saobraćajnih nezgoda, u kojima je 19.090 ljudi nastradalo, od čega 684 lica smrtno stradalo a 3.545 bilo teško povređeno, a bilo je i 24.226 saobraćajnih nezgoda sa materijalnom štetom. Od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda koje su se dogodile tokom 2012. godine u Srbiji, u 131 nezgodi prepoznat je uticaj puta na nastanak saobraćajne nezgode, što čini negde oko 0,35% uzroka svih saobraćajnih nezgoda i oko 0,6% uzroka zadobijenih povreda u saobraćajnim nezgodama. S druge strane uticaj tehničke ispravnosti vozila je u istom periodu bio prepoznat kao okolnost u 124 saobraćajne nezgode u kojima je poginulo 7 ljudi, što čini 1,6% zadobijenih povreda usled tehničke neispravnosti vozila i 0,33% ukupnog broja nezgoda nastalih usled uticaja faktora Vozilo.

Poređenjem procentualnog uticaja pojedinih faktora na nastanak saobraćajne nezgode, utvrđenih od strane Svetske zdravstvene organizacije i na osnovu podataka raspoloživih u Srbiji, jasno se vidi značajna razlika u odnosu na procentualnu raspodelu uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda. U Srbiji se najveći procenat (gotovo 99%) svih saobraćajnih nezgoda pripisuje faktoru Čovek i to najčešće vozaču, dok se uticaj faktora Put i Vozilo gotovo i ne prepoznaju i to sa učešćem manjim od 1%, zbirno za oba ova faktora.

Postojanje ovoliko drastično velikih razlika u procentima uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda se ne ogleda u boljem stanju saobraćajnog sistema u Srbiji, odnosno boljem stanju puta i putne okoline kao i boljem stanju tehničke ispravnosti vozila. Naime, kao što je poznato stanje tehničke ispravnosti vozila u Srbiji je znatno lošije nego u drugim razvijenim zemljama sveta, a stanje saobraćajne infrastrukture (puta i putne okoline) u daleko lošijem stanju, što svakako isključuje nadprosečno stanje ovih faktora i uticaj na nizak procenat uzročne veze sa nastankom saobraćajnih nezgoda.

U Srbiji su vršena pilot istraživanja tehničke ispravnosti voznog parka (Antić i dr. 2014.) gde je utvrđeno na uzorku od oko 0,1 % ukupnog broja registrovanih vozila u Srbiji, da je u 2013. godini oko 29% vozila bilo tehnički neispravno, a koja su doborovoljno bila na vanrednom tehničkom pregledu. Imajući u vidu utvrđeni broj tehnički neispravnih vozila u Srbiji i procentualno učešće stanja tehničke ispravnosti vozila kao uzroka ili okolnosti nastanka saobraćajnih nezgoda od 0,35%, dodatno se postavlja pitanje kako na pouzdan način utvrditi stvarni uticaj tehničke ispravnosti vozila na nastanak saobraćajne nezgode.

Takođe su se pojedini autori radova u okviru većeg broja svojih objavljenih radova (Vujanić i dr. 2010.) (Marković i dr. 2011.) bavili uticajem stanja puta i regulisanja saobraćaja na nastanak saobraćajnih nezgoda. Naime, navedeni autori su u okviru svojih radova dali primere saobraćajnih nezgoda čiji je uzrok bio put i putna okolina (odnosno upravljač puta), a u kojima je bilo smrtno stradalih lica. Ovi radovi ukazuju da podatak iz statistike uzroka saobraćajnih nezgoda i posledica u Srbiji, nije validan u velikoj meri. Naime, u navedenim radovima dati su primeri iz sudske prakse gde je kao primarni uzrok nastanka saobraćajne nezgode, prepoznat od strane uviđajne ekipe saobraćajne policije, bio ponašanje vozača (faktor Čovek), gde je naknadnim stručnim analizama utvrđeno da je stvarni uzrok nastanka nezgode bilo stanje kolovoza, a ne ponašanje učesnika u saobraćaju, kako je to prevashodno bilo opredeljeno.

Imajući u vidu navedene primere iz prakse i/ili izvršene analize na terenu jasno se uočava da samo praćenje statističkih podataka o uzrocima nastanka saobraćajnih nezgoda i usmeravanjem delovanja upravljača sistema na te uzroke nije moguće podići stanje bezbednosti saobraćaja na zadovoljavajući nivo. Naime, kao što je i pokazano ovakvi podaci nisu u potpunosti pouzdani jer nisu utemeljeni na svim raspoloživim činjenicama vezanim za svaku pojedinačnu saobraćajnu nezgodu, već su bazirani samo na proceni uviđajne ekipe saobraćajne policije. Kako se javlja nesklad u većoj meri između utvrđivanja uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda na prethodno opisane načine, kao i postojanje znatnog odstupanja procentualne zastupljenosti pojedinih faktora u Srbiji u odnosu na iste faktore u svetu, javlja se potreba za detaljnom analizom uzroka i okolnosti nastanka svake pojedinačne saobraćajne nezgode u Srbiji.

Samo kavlitetnim sagledavanjem svih činjenica koje su prouzrokovale saobraćajnu nezgodu ili doprinele nastanku saobraćajne nezgode, moguće je pripremiti adekvatne mere i akcije koje će svojom primenom moći u budućnosti da preduprede nastanak saobraćajnih nezgoda ili pak spreče i smanje posledice nastale nezgode. Iz tog razloga neophodno je razviti kvalitetne načine analize svake saobraćajne nezgode kako bi se prikupili podaci koji bi nam u budućnosti opredeljivali mere i akcije koje bi se preduzimale u cilju podizanja nivoa bezbednosti saobraćaja na nekom području.

2. MATERIJAL I METOD

Veštačenje saobraćajnih nezgoda predstavlja proces u kome se od strane posebno obrazovanih i obučenih veštaka analiziraju različiti aspekti nastanka saobraćajne nezgode, kao i mogući doprinosi i uticaji svih činioca vezanih za nastanak saobraćajne nezgode. Za analizu uzroka i okolnosti nastanka saobraćajne nezgode najvažnije je saobraćajno-tehničko veštačenje, kojim se utvrđuju način nastanka saobraćajne nezogde, sudarni položaj učesnika nezgode, brzine učesnika nezgode u trenutku sudara kao i neposredno pre sudara, položaj učesnika nezgode na kolovozu, a koji su prethodili nastanku nezgode. Analiziraju se oštećenja i nastali tragovi, a na osnovu ovako detaljno utvrđenih i analiziranih činjenica daje se mišljenje o uzrocima i okolnostima nastanka konkretne saobraćajne nezgode.

Dakle saobraćajno-tehničko veštačenje predstavlja sagledavanje raspoloživih činjenica vezanih za nastanak saobraćajne nezgode, kao i drugih materijalnih elemenata vezanih za taj događaj, kako bi se dobila kompletna slika događaja koji se odigrao tokom saobraćajne nezgode.

Materijal prikupljen od strane uviđajne ekipe u okviru saobraćajno-tehničkog veštačenja je detaljno analiziran i poređen sa ostalim dokazima, proverena je usklađenost dokaza, a što nije bilo moguće utvrditi na mestu nezgode priliko vršenja uviđaja. Veštačenje sprovode posebno obučeni veštaci koji imaju mogućnost detaljnog analiziranja i međusobnog poređenja prikupljenih dokaza, a što omogućava kvalitetnije i pouzdanije zaključivanje o načinu nastanka pojedinih tragova, oštećenja, povreda, a što za posledicu ima pouzdano utvrđivanje načina na koji je nastala konkretna saobraćajna nezgoda. Na ovaj način postiže se da preliminarno zaključivanje saobraćajnih policajaca prilikom uviđaja o uzroku nastanka saobraćajne nezgode, bude provereno i potrvđeno ili demantovano utvrđivanjem ostalih činjenica o otkrivanjem pravog uzroka.

Veštačenjem se takođe mogu proveriti iskazi učesnika i svedoka saobraćajne nezgode u tehničkom smislu, o načinu nastanka saobraćajne nezgode i na taj način utvrditi eventualne nesaglasnosti pojedinih iskaza ili delova iskaza sa materijalnim elementima prikupljenim na terenu. Analizom iskaza moguće je upotpuniti nedostajuće delove prikupljenih materijalnih elemenata na mestu nezgode i na taj način kompletirati "mozaik" događaja koji su prethodili nastanku saobraćajne nezgode.

Osim saobraćajno-tehničkog veštačenja za analize saobraćajnih nezgoda važna su i medicinska i mašinska veštačenja. Mašinska veštačenja su neophodna kada je reč o otkazu na vozilu koji bi eventualno mogao biti uzrok nastanka nezgode, pa se stručnim putem od strane veštaka mašinske struke analiziraju nastala oštećenja na vozilu odnosno sklopu vozila koji je otkazao, a mogao bi biti uzrok nastanka saobraćajne nezgode. Na ovaj način moguće je dobiti pouzdan podatak da li je otkaz vozila bio uzrok nastanka saobraćajne nezgode ili bi uzrok trebalo tražiti u domenu faktora Čovek ili pak u sadejstvu faktora Čovek i Vozilo.

Ukoliko za saobraćajnu nezgodu postoje sva navedena veštačenja tada je zadatak saobraćajno-tehničkog veštačenja da imajući u vidu medicinsko i mašinsko veštačenje, formira kompletnu sliku toka saobraćajne nezgode i definiše parametre vezane za nastanak nezgode, a zatim opredeli uzroke i propuste vezane za nastanak konkretne saobraćajne nezgode. Na ovaj način se sveobuhvatnim veštačenjem detaljno analizira saobraćajna nezgoda i utvrđuju uzroci i okolnosti nastanka, što omogućava upravljaču sistema da otkloni te nedostatke kako u budućnosti ne bi nastajale saobraćajne nezgode na tom mestu i na taj način.

Kada upravljač sistema (država, upravljač puta, lokalna samouprava i sl.) ima ovako detaljno analizirane saobraćajne nezgode na mreži kojom upravlja ili sistemu kojim upravlja, preduzimanjem odgovarajućih radnji smanjuje uticaj faktora koji su prouzrokovali nezgode i unapređuje stanje bezbednosti saobraćaja sprečavajući buduće nezgode. Ovakvim alatom mogu se postići dobri rezultati jer omogućava adekvatne i kvalitetne podatke neophodne za pravilno upravljanje bezbednošću saobraćajnog sistema.

3. REZULTATI

Kada se sagledaju rezultati saobraćajno-tehničkog veštačenja saobraćajnih nezgoda i rezultati prate na saobraćajnoj mreži, moguće je utvrditi delove mreže na kojim dominiraju pojedini od faktora vezani za nastanak saobraćajnih nezgoda. Naime, na pojedinim delovima mreže bi će dominantan uticaj ponašanja vozača ili pojedinih kategorija učesnika u saobraćaju (pešaka, biciklista i sl.), dok će na drugom delu mreže ili određenom regionu dominirati neispravnost vozila kao uzročnik nastanka nezgoda, a na nekom trećem stanje puta. Dobijanjem jedne ovakve pregledne baze podataka, zasnovane na veštačenjima saobraćajnih nezgoda i pouzdano utvrđenim uzrocima i okolnostima nastanka nezgoda, moguće je formirati pregledne karte na kojima se mogu pratiti i međusobno porediti uzroci saobraćajnih nezgoda, kao i porediti stanje bezbednosti saobraćaja pre i posle preduzimanja određenih mera od strane upravljača.

Prepoznavanjem pojedinih ponašanja vozača ili drugih učesnika u saobraćaju na određenom području moguće je preduzimati određene preventivne i/ili represivne mere na tom području, kako bi se takvo ponašanje korigovalo i prilagodilo pravilima i normama ponašanja u saobraćaju. Naime, ukoliko se na nekom području uoči na osnovu analize saobraćajnih nezgoda da na deonici puta saobraćajne nezgode nastaju greškom vozača i to iz razloga nepoštovanja ograničenja brzine, tada se najpre interventnim represivnim merama može odmah delovati na promenu i eliminisanje takvog ponašanja. Naravno, ova mera je nepopularna sa gledišta upravljača sistema, takođe je kratkoročna ali je primenljiva odmah i može dati određene rezultate dok upravljač ne primeni drugi sistem mera. U zavisnosti od podataka dobijenih o saobraćajnim nezgodama na osnovu saobraćajno-tehničkog veštačenja moguće je da upravljač prepozna mere koje bi mogle da promene takvo ponašanje na konkretnoj lokaciji. Naime, ukoliko bi se uočilo da određena kategorija učesnika ili određena grupacija učesnika čini određeni prekršaj, tada bi se moglo preventivnim delovanjem u vidu kampanja ili edukacije delovati na željenu populaciju učesnika u saobraćaju ili na neki drugi način menjati njihova spoznaja opasnosti takvog ponašanja, a time bi se moglo uticati i na bezbedno ponašanje te kategorije u saobraćaju.

Analizom saobraćajno-tehničkog veštačenja moguće je prepoznati specifičnosti ponašanja kategorija učesnika na određenom prodručju i na osnovu tako dobijenih podataka formirati i planirati upravljačke mere usmerene na promenu neželjenog ponašanja učesnika u saobraćaju. Na kraju, ako ni te mere upućene ka ponašanju učesnika u saobraćju ne daju željene rezultate, upravljač puta ima mogućnost da deluje na promenu takvog ponašanja izmenom režima saobraćaja ili izmenom profila puta na konkretnom mestu ili deonici. Na isti način moguće je sprovoditi analize za više lokacija i međusobno ih porediti, kao i porediti efekte pre i posle preduzetih određenih mera, kako bi se najbrže i najbolje mogle prepoznati i definisati mere koje daju najbolje rezultate.

Kao što je navedeno, na svaki od faktora koji utiču na nastanak saobraćajne nezgode moguće je delovati na razne načine, tako da upravljač puta koji raspolaže kvalitetnim podacima o načinima nastanka saobraćajnih nezgoda, odnosno kvalitetnim veštačenjima, može da pronađe mere koje će dati rezultat na konkretnoj lokaciji. Naime, iako upravljač puta nema mogućnost promene načina ponašanja učesnika u saobraćaju on uvek ima mogućnost da prilagođavanjem i izmenom saobraćajnog sistema ograniči ili onemogući neželjeno sponašanje učesnika u saobraćaju. Slično prethodnom modelu na mestima gde je uočen povećan broj saobraćajnih nezgoda kao posledica tehničke neispravnosti vozila, moguće je delovati u saradnji sa ostalim subjektima koji se bave bezbednošću saobraćaja na ovu kategoriju učesnika kako bi promenili način ponašanja ili bili isključeni iz saobraćaja.

Najveći praktični značaj saobraćajno-tehničkog veštačenja za upravljača puta se ogleda u pronalaženju lokacija i uzroka na kojima saobraćajne nezgode nastaju kao posledica grešaka puta odnosno nedostataka pravilnog regulisanja. Naime, prepoznavanjem nedostataka saobraćajnog sistema u saobraćajno-tehničkom veštačenju upravljaču puta se direktno ukazuje na konkretan nedostatak sistema (problem), koji može brzo i lako da se prepozna i definiše a zatim i razvije odgovoarajuće mere kako saobraćajni sistem ne bi i dalje bio nebezbedan.

Najčešća greška puta, odnosno upravljača puta, po mišljenju autora ovog rada u Srbiji, je nepotpuna i nedosledna saobraćajna signalizacija, koja često dovodi u zabludu vozače o prvenstvu prolaza. Naime, autori ovog rada kao i drugi autori (Božović i dr.), (Antić i dr.), (Pešić i dr.) su davali primere konkretnih saobraćajnih nezgoda iz Srbije, a kao posledice nedosledne saobraćajne signalizacije. Naime, u navedenim radovima dati su primeri u koima je na raskrsnicama dat prioritet svim prilazima i to različitim pravilima saobraćaja, na koji način su učesnici u saobraćaju dovedeni u zabludu o stvarnom prioritetu, a što je bio uzrok nastanka većeg broja saobraćajnih nezgoda i stradanja većeg broja učesnika u saobraćaju. Te saobraćajne nezgode pre izvršenog saobraćajno-tehničkog veštačenja, a prema navodima policije, bile su posledice nepropisnog ponašanja vozača (faktor Čovek). Saobraćajno-tehničkim veštačenjem utvrđen je pravi uzrok nastanka nezgoda, a što upravljaču puta omogućava da ispravi uočeni nedostatak u kratkom vremenskom intervalu i omogući bezbedno funkcionisanje saobraćajnog sistema.

Slični primeri u kojima su kao uzročnici nastanka saobraćajnih nezgoda bili prepoznati vozači, a saobraćajne nezgode su nastale usled greške puta, što je utvrđeno tek nakon sprovođenja saobraćajno-tehničkog veštačenja, su veliki broj isklizavanja vozila sa puta na jednoj konkretnoj lokaciji, što je prevashodno bilo pripisivano nepoštovanju ograničenja brzine. Naime, na navedenoj lokaciji veliki broj vozila je u određenim vremenskim uslovima isklizavao, što je od strane policije prepoznato kao greška vozača i kao takav definisan uzrok nastanka nezgode. Nakon detaljne analize i sprovođenja saobraćajno-tehničkog veštačenja utvrđeno je da se u navedenim uslovima na kolovozu stvara sloj poledice koji onemogućava trakciju (prijanjanje) na putu pa je to uzrokovalo isklizavanje vozila. Ovakvim utvrđivanjem pravog uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda na istom lokalitetu omogućeno je upravljaču puta da prepozna problem i na tom mestu preduzme odgovarajuće adekvatne radnje kako ne bi nastajale sledeće saobraćajne nezgode.

Saobraćajno-tehničkim veštačenjima utvrđivani su pravi uzroci saobraćajnih nezgoda u velikom broju slučajeva u kojima je najpre faktor Čovek bio prepoznat kao uzročnik a što nije bio slučaj, već je uzrok bilo stanje kolovoza i saobraćajnog sistema. Takvi slučajevi su i pojave isklizavanja vozila sa kolovoza na mestima gde su kolotrazi odnosno nepravilan nagib kolovoza u krivini, zatim gubitak stabilnosti i upravljivosti vozila kao posledica pojave nečistoća na kolovozu (pesak, šljunak, ulje i sl.), pojava udarnih rupa kao uzrok nastanka oštećenja na vozilu i gubitka upravljivosti, a što je sve u prvom trenutku bilo pripisano načinu upravljanja vozilom. Dakle, u navedenim i sličnim okolnostima stručnom analizom i sprovođenjem saobraćajno-tehničkog veštačenja utvrđen je stvarni uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda, a što je omogućilo delovanje na saobraćajni sistem u cilju bezbednog učešća korisnika u saobraćaju.

3. ZAKLJUČAK

Uloga saobraćajno-tehničkog veštačenja se ogleda u pravilnom utvrđivanju i definisanju uzroka i okolnosti pod kojim je nastala saobraćajna nezgoda. Prikupljanjem i praćenjem tih podataka moguće je utvrditi zavisnosti i pravilnosti pod kojima nastaju saobraćajne nezgode. Na ovaj način omogućeno je permanentno praćenje bezbednosti saobraćaja na području, što ukazuje na mere kojima treba delovati kako bi se stanje bezbednosti saobraćaja dovelo na željeni nivo. Na ovaj način upravljaču je omogućeno da lakše prepozna mere ili setove mera koje može primeniti. Ovakve analize, takođe omogućavaju upravljaču da prati mere koje su primenjene na isti problem ili efekte primene identičnih mera na različitim lokacijama i pronađe zakonitosti kada i koje mere daju najbolje efekte.

Saobraćajno-tehničko veštečenje je najbolji alat za sagledavanje nastanka saobraćajnih nezgoda, kao i analizu okolnosti koje su uticale na nastanak nezgoda. Veštačenjem se takođe, mogu utvrditi i okolnosti koje su doprinele nastanku saobraćajne nezgode, kao i okolnosti koje su eventualno imale uticaja na posledice nezgode. Na ovaj način se jednostavno mogu prepoznati nedostaci sistema koji mogu imati uticaj na stvaranje opasnosti, mogućnost izbegavanja opasnosti, a koje se blagovremenim uočavanjem mogu otkloniti kako bi pomogle da saobraćajni sistem bude bezbedan.

Imajući u vidu značaj saobraćajno-tehničkog veštačenja zakonodavac je predvideo obavezu upravljača puta da mora izvršiti nezavisnu dubinsku analizu saobraćajne nezgode u kojoj je bilo poginulih lica. Dubinska analiza saobraćajne nezgode između ostalog predviđa saobraćajno-tehničko veštačenje u okviru ekspertskog tima u kome se nalazi najmanje jedan veštak saobraćajno-tehničke struke. Naime, na ovaj način obezbeđeno je da upravljač svaki put preispita uticaj puta na nastanak i posledice saobraćajne nezgode, a i permanentno prati stanje puta i vrši korekcije u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja na putu.

Literatura

1. *Antić, B., Vujanić, M., Lipovac, K., Pešić, D., 2011. Estimation of the traffic accidents costs in Serbia by using dominant costs model. Transport Vol. 26 (4),433-440.*
2. *Vujanić, M.M., Pešić, D., Barović, V., 2010. Nastanak opasne situacije zbog nedostatka (nepravilnosti) saobraćajne signalizacije, Zbornik radova Opasna situacija i verodostojnost nastanka saobraćajne nezgode (prevare u osiguranju), Saobraćajni fakultet u Beogradu, Zlatibor*
3. *Stevović, M., 2011. Odgovornost preduzeća za puteve i drugih subjekata koji nisu učesnici u saobraćaju u svetu "uzroka" saobraćajnih nezgoda i "greške puta" na njihov nastanak, Analiza složenih saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju, Saobraćajni fakultet, Zlatibor*
4. *Marković, N., Pešić, D, Antić, B.., 2011. Posebni slučajevi uticaja neispravnosti vozila na saobraćajnu nezgodu, Analiza složenih saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Zlatibor*
5. *Božović, M., Marković, N., Pešić, D., 2009. Uticaj analize tragova na nalaz i mišljenje veštaka, VIII Simpozijum Sudari vozila i pešaka, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Vrnjačka banja*
6. *European Road Safety Observatory (ERSO), DaCoTa Project Report; 2010.*
7. *World Health Organization (WHO), 2012. Global Status Report on Road Safety,*
8. *World Health Organization (WHO), 2009. Global Status Report on Road Safety,*
9. *Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2012. godini*

PILOT STUDIJA PROVERE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA DRŽAVNOM PUTU IIA-100 DEONICA INĐIJA-BATAJNICA

Đorđe Vranješ[1] Branimir Miletić[2] Nikola Brborić[3]
[1] *Agencija za bezbednost saobraćaja Republike Srbije, Bulevar Mihajla Pupina 2, Novi Beograd, planiranje@abs.gov.rs*

Rezime: *U radu je prikazan sumirani izveštaj o sprovedenoj proveri bezbednosti saobraćaja (Road safety inspection-RSI) na deonici državnog puta IIA-100 Inđija – Batajnica na ukupnoj dužini od 16 kilometara. Prilikom sprovođenja pilot studije i kroz sve faze sprovođenja RSI u radu smo dali ključne smernice koje je neophodno uzeti u obzir prilikom spovođenja ove metode za unapređenje bezbednosti puteva. Na kraju rada, dati su predlozi za izradu podzakonskog akta kojim će detaljnije biti uređen način sprovođenja RSI u Republici Srbiji.*

Ključne reči: *Bezbednost saobraćaja, put, provera, saobraćajne nezgode.*

1. UVOD

Prema tradicionalnom pristupu, bezbednost puta je podrazumevala da se poštuju svi propisi, standardi i stručna uputstva, pa će put biti bezbedan. Kod najrazvijenijih zemalja, ovaj pristup je zamenjen savremenim pristupom prema kome se o bezbednosti puta mora voditi računa u svim fazama pre projektovanja, za vreme projektovanja, za vreme izgradnje i u eksploataciji. Na osnovu toga, stvorene su savremene procedure i alati pomoću kojih se bezbednost puta može značajno unaprediti.

Direktiva 2008/96/EC Evropskog parlamenta i saveta od 19.11.2008. godine u vezi sa upravljanjem bezbednošću putne infrastrukture definisala je obavezu svim državama članicama Evropske Unije da uspostave i implementiraju savremene procedure za unapređenje bezbednosti puteva. Jednu od navedenih procedura koju je veliki broj država implementirao predstavlja i Provera bezbednosti saobraćaja (u daljem tekstu:PBS).

Od stupanja na snagu novog Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima (u daljem tekstu:Zakon) u članu 156. stav 4. definisano je da upravljač javnog puta mora obezbediti nezavisne projekte provere bezbednosti saobraćaja na putu i to: periodične provere u periodu od pet godina za sve deonice državnih puteva, ciljane provere za najugoženije deonice državnih puteva i periodične i ciljane provere za ostale puteve prema mogućnostima, odnosno potrebama. Primena prethodno navedene odredbe Zakona do danas praktično nije zaživela.

Jedan od ključnih razloga zbog odlaganja sa primenom vezuje se za nedostatak podzakonskog akta koji će detaljnije urediti pitanja u vezi sa načinom sprovođenja PBS i drugih procedura. Drugi veoma značajni razlog vezuje se za nedostatak finansijskih sredstava koja bi bila opredeljena za rad komisija koje bi sprovodile PBS i o tome sačinjavale odgovarajući izveštaj. Takođe, Zakonom nije precizirano ko može biti član komisija za sprovođenje PBS-a, rokovi za njihovo izvršenje, obaveze upravljača puta da postupi po naloženim merama iz izveštaja o sprovedenoj PBS i dr.

Sumirajući iskustva razvijenih država i uzimajući u obzir njihove preporuke za sprovođenje PBS u nastavku rada prikazaćemo kratak teoriski i praktični osvrt na spovođenje ove procedure u praksi, kao i primer izveštaja o sprovedenoj PBS koju smo izvršili u okviru pilot studije u toku 2012. godine na deonici državnog puta IIA-100 Inđija-Batajnica.

2. PROVERA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA-MEĐUNARODNA ISKUSTVA I PRAKSE

Prema definiciji (SEETO, 2012), PBS se definiše kao sistematična studija, sprovodena od strane eksperta za bezbednost saobraćaja, na određenom putu ili deonici puta, u cilju identifikovanja bilo kod propusta, greške ili nedostatka koji mogu dovesti do nastanka saobraćajnih nezgoda sa težim posledicama.

[1] djordje.vranjes@abs.gov.rs
[2] branimir.miletic@abs.gov.rs
[3] nikola.brboric@abs.gov.rs

PBS postojećeg puta je sistematski pregled (sveobuhvatan i sproveden na naučno-metodološki način), koji treba da bude sproveden od strane nezavisne osobe ili tima koji ima iskustva u poslovima putne bezbednosti, saobraćajnom inženjerstvu, a koji nisu u vezi sa održavanjem puta ili dela puta kako bi se otkrili rizični uslovi, greške i nedostaci koji mogu da dovedu do ozbiljnih saobraćajnih nezgoda. Ova provera se odnosi samo na postojeće puteve, a ne na puteve koji su u izgradnji.

Prema definiciji (PIARC,2011), PBS predstavlja izveštaj sa lica mesta na određenom putu, koji se sprovodi vozilom u pokretu ili pešice, u cilju vršenja provere pojedinih konstantnih uticaja na bezbednost puta i uspostavljanja rešenja za njihovo odstranjivanje.

U sklopu projekta Evropske komisije (RIPCORD-INSEREST, 2005), PBS je posebno definisana kao:

- preventivni alat,
- koji se sastoji od pravnih, sistematičnih, terentskih provera određenih puteva, uz pokrivanje celokupne putne mreže,
- sprovedena od strane edukovanog ekspertskog tima,
- čiji su rezultati formalno zabeleženi u izveštaju sa zatečenim opštećenjima i nedostatcima,
- uz zahtevanu punu odgovornost nadležnog upravljača puta.

PBS je naznačena kao preventivni alat i zavisna je od velikog poznavanja bezbednosti saobraćaja. Takođe, za sprovođenje PBS potrebno je poznavanje elemenata koji mogu prouzrokovati incidente na putevima, sa problemima bezbednosti saobraćaja koji se mogu povezati sa okruženjem puta i efektivnim infrastrukturnim intervencijama koje su neophodne.

Jedna posebno značajna osobina PBS je to da njena aktivnost mora biti sprovedena na celokupnoj putnoj mreži. Štaviše, da bi bila u potpunosti efektivna, neke pravilnosti u okviru PBS moraju biti definisane, da bi obezbedile periodičnu sistematičnu proveru bezbednosti saobraćaja na celokupnoj putnoj mreži.

PBS predstavlja aktivnost koja je namenjena za terenski rad, makar delimični, čak i ako iskustva pokazuju da je neke provere moguće sprovoditi iz kancelarije, uz korišćenje adekvatnih popisnih i tehnika za snimanje. Neke od naznačenih bezbednosnih intervencija će biti predložene za implementaciju, ali njihova primena ponekad može zahtevati značajna finansijska sredstva.

Da bi PBS bila efikasna, terenska provera i mogući predlozi za unapređenje bezbednosti saobraćaja treba da budu izvršeni od strane posebno obučenog tima eksperata, koji su bliski sa analiziranjem saobraćajnog sistema. Kvalifikacije i iskustvo uključenih eksperata su ključni za sprovođenje PBS. Na osnovu toga, može se zaključiti da je preporuka da je bolje da PBS radi tim ljudi u odnosu na pojedinca, zbog toga što tim eksperata može da razmenjuje mišljenja o pojedinim problemima koji su zatečeni.

Rezultati izvršene PBS treba da budu dokumentovani u obliku posebnog izveštaja. Ovaj izveštaj treba da sadrži pregled svih zatečenih problema i predloga za njihovo rešavanje. Ovaj izveštaj potrebno je dostaviti nadležnim institucijama i donosiocima odluka na lokalnom i regionalnom nivou.

Da bi rezultati PBS bili efikasni za unapređenje bezbednosti saobraćaja, uzimajući u obzir najbolju praksu i iskustva, (Elvik, Vaa, 2004) dali su osnovne preporuke za sprovođenje PBS:

- Elementi uključeni u PBS treba da budu označeni kao faktori rizika koji prouzrokuju nastanak saobraćajnih nezgoda i posledica.
- PBS treba da bude standardizovana, dizajnirana tako da obuhvati sve uključene elemente i usmerena na objektivan način. Na pojedinačnim nivoima implementacije, korisno je napraviti ček listu.
- Čekliste za sprovođenje PBS treba da sadrže sledeće značajne elemente:
  -Kvalitet saobraćajne signalizacije, uzimajući u obzir gde su neophodna i mesta gde su postavljena ili se ne vide u mraku.
  -Kvalitet oznaka na putu, u smislu njihove uočljivosti i usklađenosti sa vertikalnom saobraćajnom signalizacijom.
  -Kvalitet karakteristika kolovoznog zastora, posebno za trenje (makro i mikro tekstura) i hrapavost.
  -Adekvatnost pregledne distance i odsustvo permanentnih ili privremenih prepreka koje utiču na smanjenje preglednosti puta i drugih učesnika u saobraćaju.
  -Prisustvo faktora rizika na putevima, okolini puteva, kao što su drveća, drenažne cevi i dr.
  -Aspekte odvijanja saobraćaja, u smislu ako vozač upravlja brzinom koja je u skladu sa uslovima saobraćaja i stanju puta. Ovde se takođe mogu svrstati održivost puta, razdvajanje pešačkog i motorizovanog saobraćaja i dr.

- Za svaki elemenat koji se uključuje u PBS, standardizovana procena trebala bi da pokrije sledeće kategorije:
  -Elemente koje je neophodno tretirati po hitnom postupku. Za ove slučajeve potrebno je kreirati posebne predloge.
  -Elemente koji nisu u dobrom stanju ili odstupaju od standarda, a koji se ne mogu unaprediti kratkoročnim merama. Dubinska analiza je preporučljiva u ovakvim slučajevima.
  -Elemente koji su u dobrom stanju i u skladu sa važećim standardima.
- PBS treba da sadrži zaključke i predlog mera za unapređenje bezbednosti u smislu standardizovanih izveštaja.
- Proverivači treba da budu formalno i realno kvalifikovani za obavljanje svojih poslova. Oni moraju poznavati normativne dokumente, moraju posedovati iskustvo i moraju obezbeđivati jedinstveno poštovanje principa bezbednosti saobraćaja za vreme sprovođenja PBS.
- PBS treba ponoviti u određenom vremenskom periodu, da bi se mogli videti rezultati određenih predloženih mera za unapređenje bezbednosti puta.

Da bi efekti i procedure sprovođenja PBS bili odgovarajući, neophodno je uzeti u obzir iskustva i praksu drugih zemalja (RIPCORD-INSEREST, 2005). U osnovama za sprovođenje PBS postoje značajne razlike među državama širom EU. U jednom broju država (Austrija, Belgija, Nemačka, Mađarska, Holandija, Norveška, Portugal i Švajcarska) PBS nije posebno izdvojena u odnosu na ostale procedure za unapređenje bezbednosti puta. Česta je praksa da se u državama istovremeno sprovodi nekoliko različitih procedura (PBS, Revizije bezbednosti saobraćaja i dr.).

Samo dve države (Nemačka i Mađarska) poseduju zakonsku osnovu za sprovođenje PBS. U četiri države (Nemačka, Mađarska, Norveška i Portugal) je obavezno sprovođenje PBS. U Austriji, Belgiji, Norveškoj, Portugalu i Švajcarskoj postoji standardizovani pristup za sprovođenje PBS, dok su u Nemačkoj uvedeni potpuni standardi za sprovođenje PBS.

U ukupno šest država (Austrija, Belgija, Norveška, Portugal, Švajcarska i Holandija) proverivači koriste standardizovanu čeklistu za proveru. U Holandiji je čeklista zasnovana na smernicama za sprovođenje PBS na motoputevima. U Portugalu je čeklista međunordni dokument, koji se sastoji od preporuka za implementaciju PBS i spisak najvećeg broja faktora uticaja za bezbednost puteva.

Ne postoji država koja poseduje PBS procedure za sve kategorije puteva. Nemačka je jedina država koja je u potpunosti pokrivena sa PBS na celokupnoj mreži puteva, a Holandija, Mađarska i Portugal su sprovodile PBS samo na državnim putevima prvog i drugog reda. U Švajcarskoj, Belgiji i Norveškoj se PBS sprovodi samo na deonicama puta ili raskrsnicama za koje se utvrdi da poseduju visok rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda.

Po pitanju dinamike sprovođenja PBS države se veoma razlikuju. U Nemačkoj se ova procedura sprovodi jednom u dve godine, dok se u Portugalu i Mađarskoj ova procedura sprovodi jednom u pet godina. Generalno, period ponovnog sprovođenja PBS je u nadležnosti upravljača puta koji ima diskreciono pravo da odlučuje o vremenu sprovođenja pojedinih procedura za unapređenje bezbednosti puteva.

U većini država upravljači puta su ti koji pokreću, finansiraju i sprovode aktivnosti PBS. Ovo je loša praksa, i većina država teži da promeni postojeće procedure i sisteme rada. Takođe, ne postoje načini da se utvrde efekti sprovedenih procedura.

Timovi koji sprovode PBS nisu kod svih država u potpunosti kvalifikovani za izvršenje aktivnosti. U većini slučajeva proverivači nemaju zahtevane kvalifikacije, ili samo jedan od članova tima poseduje stručne kvalifikacije za sprovođenje PBS.

Troškovi sprovođenja PBS predstavljaju veoma značajan parametar kod donošenja odluke u vezi sa preduzimanjem ove aktivnosti. U Austriji, celokupni troškovi PBS po kilometru puta iznose 1000 evra. U Norveškoj prosečni troškovi iznose 50.000 evra po kilometru puta i u ovu cenu su uključene i preporuke za unapređenje određenih nedostataka. Iskustva u Portugaliji pokazuju da timovi za PBS mogu u toku jednog dana da izvrše proveru 20-40 kilometara puta, a za izradu izveštaja su im potrebna u proseku dva dana. Iskustva takođe pokazuju da ukupna cena zavisi od broja uočenih nedostataka na deonici puta za koju se vrši provera.

3. PROCES SPROVOĐENJA PBS

Sam proces sprovođenja PBS započinje od strane upravljača puta. PBS generalno može započeti kada se za neku deonicu puta identifikuje da poseduje daleko veći rizik stradanja u nezgodama u odnosu na celokupnu putnu mrežu, a sve na osnovu statističkih podataka o saobraćajnim nezgodama ili rezultata određenih projekata (npr. iRap). Pored toga, PBS se može započeti na osnovu zahteva pojedinih institucija i subjekata koji su uključeni u sistem upravljanja bezbednošću saobraćaja.

Vreme sprovođenja PBS takođe predstavlja značajan parametar. Preporuka je da se oba procedura sprovodi u toku dana, a po potrebni i noću. PBS je takođe potrebno sprovoditi u različitim periodima u toku godine, posebno zbog različitih uslova odvijanja saobraćaja na putevima i identifikovanja njihovih specifičnosti.

U zavisnosti od kategorije puta, PBS treba sprovoditi periodično u kontinuitetu. Za puteve većeg prioriteta preporučuju se periodične PBS u periodu od najviše pet godina. Ciljane PBS treba sprovoditi na najrizičnijim deonicama, na osnovu mapa rizika i to pre svega na putevima koji su drugog i trećeg ranga.

4. EDUKACIJA LICA KOJA SPROVODE PBS

Direktivom 2008/96/EC predviđeno je da PBS treba da sprovode stručna lica koja su nezavisna od upravljača puta. Stručna lica (proverivači) treba da rade u komisijama i da poseduju iskustvo u oblasti unapređenja bezbednosti saobraćaja na putevima, kao i da prođu odgovarajući oblik stručnog osposobljavanja i usavršavanja.Komisija bi trebala da bude sačinjena od stručnjaka iz oblasti saobraćaja i građevine (smer putevi, aerodromi i železnice).

Celokupan proces stručnog osposobljavanja, licenciranja i usavršavanja mora da sprovodi državna ustanova kojoj je nadležnost data na osnovu Zakona. Veoma je značajno da se rad svakog licenciranog člana komisije prati u kontinuitetu, kako ne bi došlo do zloupotreba i sl. U vezi s tim, treba predvideti da članovi komisije za koje se utvrdi da nesavesno rade svoj posao i suprotno standardima i pravilima struke, mogu izgubiti pravo da poseduju ovu licencu.

Sama obuka treba da se sprovodi prema programima i planovima koji bi takođe bili definisani podzakonskim aktom koji detaljnije uređuje ovu oblast.

5. IZVEŠTAJ O SPROVEDENOJ PBS

Nakon sprovedene PBS, najznačajnija aktivnosti tima treba da bude izrada kvalitetnog i sveobuhvatnog izveštaja. Ako se sumiraju iskustva razvijenih država, može se istaći da ne postoji univerzalni obrazac za izradu izveštaja o PBS. Veliki broj dokumenata usmerava istraživače na ključne oblasti koje bi trebalo da obuhvate u svojim izveštajima.

Izveštaj treba da sadrži osnovne podatke o deonici puta na kojoj je vršena PBS i podatke o timu koji je vršio njeno sprovođenje, vremenu sprovođenja i dr. Dakle, pored uvodnog dela, izveštaj treba da sadrži i veliki broj priloga (mape, fotografije i dr.) pored kojih se nalaze odgovarući komentari i zaključci.

Generalno posmatrano, izveštaj bi trebalo da sadrži tri ključna dela (SEETO, 2012):

Prvi deo: Sadrži podatke o aktivnostima koje su sprovedene u kancelariji na osnovu raspoloživih dokumenata i opis rezultata koji su dobijeni pre sprovođenja PBS na terenu.

Drugi deo: Sadrži prikaz ključnih nedostataka (infrastrukturnih i saobraćajnih) sa fotografijama i detaljnim opisom problema u sledećim segmentima:
1.Funkcija i okruženje puta
2. Poprečni profil puta
3. Pružanje trase puta
4. Ukrštanja, osvetljenje, prelazi preko železničkih pruga
5. Servisne i površine za odmor
6. Ranjivi učesnici u saobraćaju, pešaci, biciklisti i motociklisti.
7. Saobraćajni znakovi, oznake na kolovozu, svetlosni znakovi

8. Okolina pored puta, objekti pored puta, rastinje i drveće, ostala ometanja.

Treći deo: Sadrži sumirani prikaz predloga mera za unapređenje identifikovanih problema na posmatranoj deonici puta. Predlozi između ostalog, obuhvataju kratkoročne, srednjoročne i dugoročne mere za unapređenje bezbednosti saobraćaja. Pored predloga, u ovom delu izveštaja postavljaju se fotografije i određene aplikacije za konkretno rešavanje identifikovanih problema.

Rok za završetak izveštaja o sprovedenoj PBS ne bi trebalo da bude duži od 30 dana od kada su završene aktivnosti na terenu. Upravljač puta bi trebalo da poštuje naloge koji su dati u izveštaju o sprovedenoj PBS, odnosno da opravda ukoliko nije u mogućnosti da trenutno sprovede neke od aktivnosti.

U nastavku rada biće dat kratak izvod iz izveštaja o sprovedenoj PBS sa prikazom pojedinih segmenata.

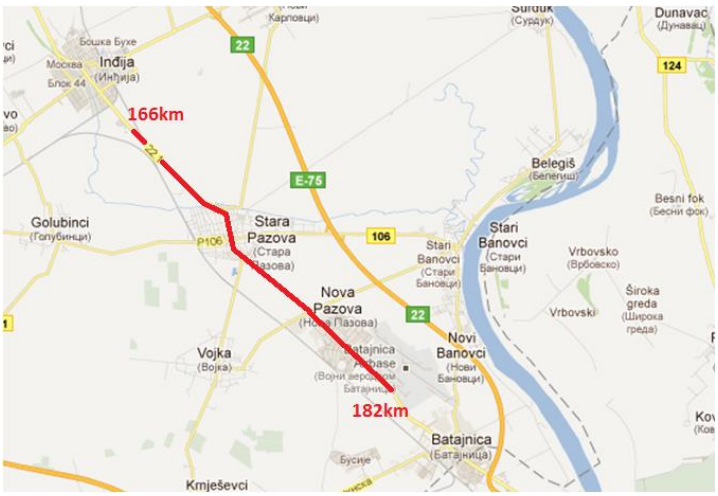
6. SUMIRANI IZVEŠTAJ O PBS

1. UVODNI PODACI

Državni put IIA-100 je jedan od značajnih putnih pravaca u Republici Srbiji. Povezuje Novi Sad i Beograd.

Deonica puta za koju je vršena inspekcija prolazi kroz opštinu Stara Pazova, kroz naseljena mesta Stara Pazova i Nova Pazova.

Deonica puta za koju je vršena PBS je 165km+800m do 181km+920m ima po jednu saobraćajnu traku u svakom smeru i prikazana je na slici 1.



Slika 1. Deonica Inđija-Batajnica na kojoj je sprovedena PBS

Tim za vršenje PBS:

Vođa tima: Branimir Miletić, dipl.inž.saobraćaja

Članovi tima: Đorđe Vranješ, dipl.inž.saobraćaja
Nikola Brborić, dipl.inž.saobraćaja

Tabela 1. Detaljni podaci o putu

Grad/opština	Stara Pazova
Kategorija puta	Državni put IIA-100
Oznaka puta/sekcije	M22.1 od 165km+800m do 181km+920m
Lokacija	M22.1, deonice od Inđije do Batajnice
Dužina	16,12 km
Poprečni profil	1 kolovozna traka sa po 1 saobraćajnom trakom u svakom smeru (širina kolovozne trake je 6,7 m)
Veličina saobraćaja	PGDS približno 9000 (u oba smera), 25% teretnih vozila
Ograničenje brzine	80 km/h (od 165km + 800m od 169km+100m) 50 km/h (od 169km+100m od 174km+400m) 80 km/h (od 174km+400m od 177km) 50 km/h (od 177km od 179km+800m) 80 km/h (od 179km+800m od 181km+920m)
Podaci o nezgodama	Dostupni.

2. UOČENI PROBLEMI (jedan primer sa opisom)

Saobraćajni znakovi, oznake na kolovozu i svetlosni znakovi



- Na osnovu izvršene provere bezbednosti saobraćaja utvrđeni su veliki nedostatci po pitanju horizontalne i vertikalne saobraćajne signalizacije.
- Kod horizontalne saobraćajne signalizacije je utvrđeno da su oznake u velikom broju slučajeva izbledele ili su u potpunosti nevidljive. Veoma često na delovima kolovoza na kojima je izvršena rehabilitacija, oznake nisu ponovo iscrtane i zbog toga se može zapaziti da po nekoliko metara nema horizontalnih oznaka na pojedinim deonicama puta. Takođe, oznake za pešačke prelaze su veoma dotrajale i neophodno ih je blagovremeno zameniti.
- Vertikalna saobraćajna signalizacija takođe poseduje veliki broj nedostataka. Najveći nedostaci se vezuju za nepostojanje saobraćajnih znakova na pojedinim ključnim lokacijama. Primećen je slučaj da postoji samo stub saobraćajnog znaka na jednoj lokaciji i slučaj u kome je putokazna tabla zajedno sa nosačem pomerena u neprikladni ugao. Pored toga, u toku provere uočene su i pojedine ručno ispisane table na kartonu sa određenim obaveštenjem za vozače traktora. Ovako postavljena vertikalna saobraćajna signalizacija i nedostatak pojedinih znakova, svakako povećavaju broj konflikata između učesnika u saobraćaju i negativno utiču na bezbednost saobraćaja.
- Određeni broj saobraćajnih znakova nije postavljen u skladu sa Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji i pratećim tehničkim uputstvima nadležnog ministarstva i upravljača puta.

3.BAZA PODATAKA O STACIONAŽI, OPISU POSTOJEĆIH PROBLEMA I PREDLOGU MERA ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI NA DEONICI PUTA IIA-100 (denica 166km -182km)

R.br.	Stacionaža	Opis problema	Predlog mera	Fotografija
1	**166km+500m**	Nema odgovarajućih oznaka za ukrštanje sa sporednim putevima. Loše stanje ivičnjaka kolovoza.	Postaviti znak I-27. Popraviti ivičnjake na kolovozu.	
2	**167km+50m**	Nema odgovarajućih oznaka za ukrštanje sa sporednim putevima. Loše stanje ivičnjaka kolovoza.	Postaviti znak I-27. Popraviti ivičnjake na kolovozu.	
3	**171km+105m**	Stub i nosač saobraćajnog znaka nisu dobro pričvršćeni za podlogu, zbog čega može doći do padanja celokupnog znaka.	Kontaktirati preduzeće zaduženo da održavanje saobraćajne signalizacije i popraviti nedostatke.	
4	**173km+460m**	Oštećena zaštitna ograda može negativno uticati na pasivnu bezbednost učesnika u saobraćaju.	Postaviti novu zaštitnu ogradu i propisno je označiti.	
5	**173km+465m**	Nedostatak zaštitne ograde, predstavlja veliku opasnost za sve učesnike u saobraćaju.	Postaviti zaštitnu ogradu i propisno je označiti.	

4. PREDLOZI I PREPORUKE

Kratkoročne mere:

Sledeće mere moraju biti izvedene najhitnije:

- Unapređenje postojećih oznaka na kolovozu i saobraćajne putokazne signalizacije koja mora biti više logična i razumljiva.
- Bolja i kvalitetnija saobraćajna signalizacija u krivinama (na km169+900 i km 172+750).
- Unapređenje vertikalne signalizacije u kontekstu postavljanja saobraćajnih znakova koji nedostaju i popravljanjem postojećih znakova koji se ne nalaze u pravilnom položaju.
- Unapređenje sistema zaštitnih ograda.
- Izrada kvalitetnijih autobuskih stajališta sa propisnom saobraćajnom signalizacijom, objektima za zaštitu putnika od spoljašnjih uticaja i kvalitetnim osvetljenjem.

Srednjoročne mere

Predlaže se sledeće:

- U periodu između realizacije kratkoročnih i dugoročnih mera potrebno je sprovesti još jednu PBS. Nakon toga, biće date adekvatne srednjoročne mere za unapređenje postojećeg stanja bezbednosti puta i putne okoline.
- U slučaju da kratkoročne mere ne daju adekvatne rezultate, potrebno je primeniti dodatne mere u smislu pojačane policijske prinude na brzinu kretanja učesnika u saobraćaju i dr.

Dugoročne mere:

Predlažu se sledeće dugoročne mere:

- Izgradnja sekundarnih saobraćajnica i atarskih puteva namenjenih za kretanje traktora i drugih poljoprivrednih mašina čime bi se smanjio procenat zastupljenosti ove kategorije vozila u saobraćajnom toku, smanjio bi se rizik nastanka saobraćajnih nezgoda i posledica koje nastaju za vreme vršenja poljoprivrednih radova u jesenjim mesecima (od 166km +500m do 169km +880m).
- Izrada novog projektnog rešenja raskrsnice (na 169 km +900 m).
- Izgradnja biciklističke staze i staze za pešake (od 174km +100m do 177km +500m).

5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

PBS kao savremena procedura ima pozitivan uticaj na bezbednost saobraćaja. Ona je prvenstveno inženjerski alat koji nam omogućuje da sagledamo probleme bezbednosti saobraćaja na putevima sa različitih aspekata. Cilj vršenja svake PBS upravo jeste taj da članovi komisije sagledaju istoriju problema i postojeće stanje, kako bi na osnovu zaključaka doneli predlog mera za unapređenje bezbednosti saobraćaja.

U Republici Srbiji do sada je sprovedeno nekoliko manjih pilot studija PBS-a (Lipovac, et al. 2008). Pored toga, kada su u pitanju zemlje u okruženju, u BiH su takođe sprovedene aktivnosti na razvijanju PBS-a i drugih procedura za unapređenje bezbednosti puteva. Ključni nedostatak za sprovođenje PBS u Srbiji svakako se vezuje za nedostatak podzakonske regulative i odgovarajućih finansijskih sredstava.

Kao što je prethodno navedenog, na osnovu člana 156. Zakona, potrebno je usvojiti dva ključna podzakonska akta koji će omogućiti da se procedure sprovode prema definisanim koracima, da ih sprovode lica koja su stručna i koja su prošla odgovarajući vid stručnog osposobljavanja. Da bi se oni usvojili, potrebno je izvršiti izmene i dopune odredaba Zakona, posebno u odnosu na postojeći član 156. Zakona.

Po našem predlogu, dva podzakonska akta, neophodna za sprovođenje procedura za unapređenje bezbednosti puteva trebalo bi da budu:

1. Pravilnik o načinu sprovođenja procedura za unapređenje bezbednosti puteva;
2. Pravilnik o stručnom osposobljavanju, licenciranju i usavršavanju lica koja sprovode procedure za unapređenje bezbednosti puteva.

Pravilnikom o načinu sprovođenja procedura za unapređenje bezbednosti puteva neophodno je detaljno urediti sva pitanja u vezi sa sprovođenjem procedura za unapređenje bezbednosti puteva, kao i sadržajem izveštaja i sporovedenim procedurama i rokovima za njihovo sprovođenje.

Pravilnikom o stručnom osposobljavanju, licenciranju i usavršavanju lica koja sprovode procedure za unapređenje bezbednosti puteva neophodno je detaljno urediti sva pitanja u vezi postupkom stručnog osposobljavanja, načinom polaganja sutručnog ispita, izdavanja, obnavljanja i oduzimanja licence, kao i stručnog usavršavanja lica koja poseduju licencu za sprovođenje dubinske analize i drugih procedura za unapređenje bezbednosti puteva.

Mišljenja smo da bi izmenama i dopunama Zakona i usvajanjem pomenutih podzakonskih akata, celokupna oblast bezbednosti puteva bila podignuta na jedan viši nivo, što bi omogućilo dobru osnovu za početak primene odredaba izmenjenog i dopunjenog člana 156. Zakona.

Na osnovu međunarodnih iskustava i najbolje prakse, može se zaključiti da rešavanje problema bezbednosti puteva zahteva jedan sistemski, multidisciplinaran i sveobuhvatan pristup, pri čemu se aktivnosti najznačajnijih subjekata moraju sprovoditi isključivo u normativnim okvirima.

Analizirajući rad razvijenih država i njihovih institucija, zaključuje se da je neophodno, pre samog početka primene i sprovođenja procedura za unapređenje bezbednosti puteva, pripremiti i publikovati stručnu literaturu koja će pomoći članovima komisija da procedure sprovode prema preporukama stručne javnosti koja poseduje odgovarajuće iskustvo, kao i najbolje svetske prakse u u ovoj oblasti.

Literatura

[1] DIRECTIVE 2008/96/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 19 NOVEMBER 2008 ON ROAD INFRASTRUCTURE SAFETY MANAGEMENT.
[2] Elvik, R., Vaa, T. (2004).The handbook of road safety measures, Elsevier.
[3] Lipovac, K., Milojčić, M., Jovanov, D., Branković, R. (2008). Rezultati primene mera provere bezbednosti saobraćaja-studija slučaja. Putić, Beograd.
[4] Road safety audit guideline for safety checks of new road projects, PIARC, 2011.
[5] Road Safety Inspections: Best practice and implemention plan. RIPCORD-INSEREST, Deliverable D5, 2005.
[6] South East Europe Transport Observatory (SEETO). (http://www.seetoint.org) 01.06.2012.
[7] Vranješ, Đ. (2012). Provera bezbednosti saobraćaja na deonici (Inđija-Batajnica) državnog puta. Seminarski rad. Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.
[8] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima (Službeni glasnik RS, broj 41/09, 53/10 i 101/11).

ПРИМЈЕНА РСИ – ПРОВЈЕРЕ БЕЗБЈЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ДИОНИЦИ МАГИСТРАЛНОГ ПУТА М4, ОД КОЗАРЦА ДО СРЕДЊЕ ЛАМОВИТЕ - СТУДИЈА СЛУЧАЈА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Др Далибор Пешић, дип. инж. саоб.[1]
[1] Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, d.pesic@sf.bg.ac.rs

Вања Вожни, дип. инж. саоб.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, vanja.vozni@gmail.com

Александар Трифуновић, дипл. инж. саоб.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

Лука Ленхардт, дипл. инж. саоб.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, lenonluka@gmail.com

Резиме: Због великог броја саобраћајних незгода, које за посљедицу имају погинула и повријеђена лица и велике материјалне штете, експерти из цијелог свијета свакодневно осмишљавају системе који ће повећати безбједност свих учесника у саобраћају. Донедавно се сматрало да су саобраћајне незгоде неминовне, а једини одговорни за настанак саобраћајних незгода били су возачи моторних возила. Заштитне мјере су, у овом случају, предузимане тек када ситуација постане неприхватљива, са аспекта саобраћајних незгода. Циљ модерног приступа безбједности саобраћаја је предузимање свих мјера које могу спријечити настанак саобраћајних незгода. Ове мјере се дефинишу на основу анализа саобраћајних незгода које су се већ догодиле, али и на основу континуираниог праћења стања безбједности саобраћаја на одређеном подручју. Овакав присуп безбједности саобраћаја подразумијева да узрок саобраћајне незгоде не мора искључиво да буде лоше понашање возача, већ то може да буде и лоше стање пута, неадекватно регулисање саобраћаја, небезбједна околина пута и слично. Идентификација опасних мјеста на путевима, поред дефинисања постојећег стања и примјене управљачких мјера, представља основ у управљању стањем безбједности саобраћаја. Најбољи начин за утврђивање опасних мјеста на дионици пута коју треба унаприједити по питању безбједности саобраћаја, јесте идентификација и анализа опасних мјеста на дионици пута. При избору метода којим ће се вршити идентификација опасних мјеста на путевима морају се пратити искуства развијених земаља, са најбољом праксом у овој области. Рад садржи опис савремених алата за унапређење безбједности саобраћаја, а посебна пажња је посвећена провјери безбједности саобраћаја, као једној од најефикаснијих метода за спрјечавање настанка саобраћајних незгода. У раду је детаљно приказана и провјера безбједности саобраћаја која је спроведена на дионици магистралног пута М.4, од Козарца до Средње Ламовите, која је у 2012. години проглашена „дионицом смрти“ у Републици Српској, због броја, а нарочито тежине незгода које су се ту догодиле.

Кључне речи: *безбједност саобраћаја, алати за унапређење безбједности саобраћаја, провјера безбједности саобраћаја.*.

1. УВОД

На настанак саобраћајних незгода утичу многи фактори, а не само моторно возило. Неки од тих фактора потичу од човјека, његовог понашања и особина, а други фактори се односе на околину, пут, возило, саобраћај, регулативу, прегледност, видљивост и слично. Уопштено, саобраћајна незгода може бити проузрокована недостатком, односно грешком неке компоненте у систему ЧОВЈЕК – ВОЗИЛО – ПУТ – ОКОЛИНА или интеракцијом између ових компоненти. Фактор пут се, као узрок саобраћајних незгода, самостално јавља у око 3% саобраћајних незгода, док заједно са другим факторима представља узрок у 31% незгода [1]. Једна од превентивних метода за унапређење безбједности саобраћаја је провјера безбједности саобраћаја (ПБС). ПБС је студија провјере безбједности саобраћаја на постојећем путу или дијелу постојећег пута, која служи за идентификацију недостатака пута и његовог окружења који могу довести до саобраћајних незгода.

Спровођење ПБС у Републици Српској дефинисано је Законом о безбједности саобраћаја на путевима Републике Српске. Провјери безбједности саобраћаја обавезно подлијежу магистрални и регионални путеви, а у случају потребе и остали јавни путеви и улице у насељу. ЗОБС РС предвиђа

[1] Далибор Пешић: *d.pesic@sf.bg.ac.rs*

да се ПБС спроводи према листи провјере јавних путева. Ову листу и временско-динамички план спровођења ПБС, једном годишње израђује јавно предузеће којем је повјерено управљање магистралним и регионалним путевима, у складу с показатељима стања безбједности саобраћаја и другим параметрима [2].

Рад садржи преглед стране литературе везане за провјеру безбједности саобраћаја, као и Извјештај о спроведеном пилот истраживању. ПБС у Републици Српској, на дионици магистралног пута М4, од Козарца до Средње Ламовите, која је у 2012. години проглашена „дионицом смрти“ у Републици Српској због броја, а нарочито тежине незгода које су се ту догодиле.

2. ПРОВЈЕРА БЕЗБЈЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА

Пакет мјера за унапређење безбједности саобраћаја дефинисан је Директивом Европске Уније, број 2008/96 [3] о управљању безбједности на путевима, која је објављена у октобру 2008. године. Према овој Директиви овај пакет мјера обухвата:

- процјену утицаја пута на безбједност саобраћаја,
- ревизију безбједности саобраћаја (Road Safety Audit) у фази пројектовања путева,
- рангирање и управљање безбједношћу путне мреже (укључујући управљање високоризичним дионицама путева),
- провјеру безбједности постојећих путева (Road Safety Inspection),
- дубинске анализе саобраћајних незгода.

RSI (Road Safety Inspection) је студија провјере безбједности саобраћаја (ПБС) на постојећем путу или дијелу постојећег пута, која служи за идентификацију недостатака пута и његовог окружења који могу довести до саобраћајних незгода. ПБС је систематска провјера, што значи да је свеобухватна и да се спроводи на методолошки начин.

Провјеру безбједности пута треба да спроводе независна стручна лица или тим са искуством на пословима безбједности саобраћаја, анализе саобраћајних незгода, саобраћајног инжењерства, анализе понашања корисника путева или пројектовања путева. Лица која не би требало да учествују у ПБС су лица која раде на редовном одржавању путева или дионица путева. Коначни резултат провјере безбједности саобраћаја је формални Извјештај, у којем су идентификовани сви недостаци пута и, по потреби, дате су препоруке за отклањање или смањење тих недостатака [1].

Приликом спровођења ПБС мора се узети у обзир вријеме вршења провјере (дневни и ноћни услови), сезонске промјене (јако сунце, снијег, киша, лед, магла) и посебне околности (близина школе, супермаркета, итд.). Како би се поуздано идентификовале опасности, Провјеру безбедности саобраћаја би требало извршити како из возила, тако и пјешице и то у оба смијера. Идентификовани проблеми се разврставају у осам група: функција пута; попречни профил; пружање трасе; укрштања; јавни и приватни сервиси, јавни објекти и простори за одмор, јавни транспорт; рањиви учесници у саобраћају; саобраћајни знакови, ознаке на коловозу и освјетљење; околина поред пута и елементи пасивне безбједности пута [4].

3. ПРЕГЛЕД СТРАНЕ ЛИТЕРАТУРЕ

У раду аутора Rune Elvik („Провјера безбједности саобраћаја: безбједносни ефекти и најбоља практична упутства“) приказано је тренутно познавање практичне примјене ПБС, позитивни ефекати провјере безбједности саобраћаја, као и и прелиминарни водич за спровођење ПБС [6]. Примјеном ПБС позитивне ефекте је могуће постићи на слиједеће начине:

- уклањањем видних препрека које се налазе у близини пута, првенствено дрвећа и жбуња, чиме се повећава прегледност. Примјеном ове мјере број саобраћајних незгода смањи се за око 3%,
- корекцијом небезбједних ивичњака, односно поравнањем бочних нагиба и уклањањем фиксних препрека из безбједносне зоне. Студије показују да се број незгода, у којима возило „излети“ са трасе пута, смањи за 44% уколико се безбједносна зона повећа на 6 метара,
- постављањем заштитних ограда дуж насипа, које утичу на смањење тежине посљедица саобраћајних незгода уколико возило „излети“ са пута. Постављање флексибилнијих ограда умјесто постојећих, такође утиче на смањење тежине саобраћајних незгода, али су ефекти мањи него када се ограде поставе на мјеста на којима их није било. Према истраживањима

1,4% возача погине када директно удари у заштитну ограду, а од 2 до 5% када удари у почетак (крај) заштитне ограде,

- употребом ломљивих стубова (за билборде, расвјету и сл.) вјероватноћа за настанак повреда у случају удара се смањује за 50%,
- нискобуџетним третманима за хоризонталне кривине, чиме се број саобраћајних незгода смањи за 16%,
- поправком саобраћајних знакова. Двије студије показале су различите резултате. Наиме, студија Lyles-a из 1986. [5] показује да се, поправком саобраћајних знакова, број саобраћајних незгода са тјелесним повредама смањи за 15%, а број незгода са материјалном штетом за 7%. Друга студија, коју су спровјели Ford и Calvert, 2003. године, [6] показала је да се, поправком саобраћајних знакова, број незгода са фаталним посљедицама смањи за 55%, број незгода са тјелесним повредама за 31%, а број саобраћајних незгода са материјалном штетом за 46%. Ова студија је рађена за високоризичне дионице, па постоји могућност да су стварни ефекти знатно мањи.

У пројекту аутора са холандског „SWOV“ института, 2012. године, за истраживање безбједности саобраћаја на путевима, („Провјера безбједности саобраћаја и ревизија безбједности саобраћаја“), поред описа провјере безбједности саобраћаја и начина на који се спроводи, приказана је и анализа трошкова и користи ПБС [7]. Macaulay и McInerney (2002.), проучавали су ефекте провјере безбједности саобраћаја [8]. Резултати су показали да је у више од 78% свих случајева, спровођењем препорука из Извјештаја о ПБС, однос користи и трошкова био позитиван, а у око 47% случајева предности су два пута биле веће него трошкови.

Аустралијски стручњак Phil Allan (2006.) је у свом раду „Провјера безбједности саобраћаја“ навео предности спровођења ПБС, неке од техничких мјера за побољшање безбједности саобраћаја, као и форму коначног Извјештаја [9]. Према овом аутору, предности спровођења ПБС су слиједеће: идентификација разних критичних елемената који постоје на мрежи, ПБС постаје алат за директно повећање безбједности саобраћаја, умјесто да буде дио редовног одржавања путева, обезбјеђује се цјелокупан приказ питања везаних за безбједност саобраћаја дуж одређене дионице. Неке од мјера помоћу којих је могуће повећати ниво безбједности су: реконструкција Y раскрсница у T раскрснице, реконструкција четворокраких (петокраких) раскрсница у кружне, постављање вибро-акустичних трака, бојење средишњих и ивичних линија. Коначни Извјештај треба да се састоји из три дијела:

1. дио А - опште информације о путу или дионици пута,
2. дио Б – приказ уочених недостатака пута и његовог окружења,
3. дио В – приједлози противмјера за побољшање безбједности саобраћаја [9].

4. ИЗВЈЕШТАЈ О СПРОВЕДЕНОЈ ПРОВЈЕРИ БЕЗБЈЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА

За потребе овог рада спроведено је пилот истраживање ПБС у Републици Српској, у периоду од 09. до 11.8.2013. године. Истраживање је спроведено на десетој дионици магистралног пута М4, од Козарца до Средње Ламовите. Укупна дужна дионице у једном смијеру је 8,7 km.

А: Подаци о путу

- Град: Приједор.
- Категорија пута: Магистрални пут
- Локација: 10. дионица магистралног пута М4.
- Дужина: 8,7 km .
- Попречни профил: 2 коловозне траке са по једном саобраћајном траком; ширина сваке саобраћајне траке 3,5 m.
- Величина саобраћаја (ПГДС[2]): 7500 – 8000 воз/дан (у оба смијера).
- Ограничење брзине: 80 km/h ван насеља; 50 km/h у насељу Козарац, дефинисано саобраћајним знаковима III-84 („назив насеља“) и III-85 („завршетак насеља“); 60 km/h у насељу Средња Ламовита, дефинисано саобраћајним знаком за ограничење брзине.
- Подаци о незгодама: 107 саобраћајних незгода[3]; смртно је страдало 8 лица, 13 је тешко, а 23 лакше повријеђено.

[2] Подаци за период од 2006. до 2010. године

[3] Подаци за период од 2010. до 2012. године

Б. Уочени проблеми

1. Функција пута
-велики број индивидуалних стамбених објеката поред пута, сваки од њих има посебно изграђен „дивљи” (неозначен или неправилно означен) прикључак на посматрану саобраћајницу.




2. Попречни профил
-оштећења коловоза у виду рупа и колотрага,
-недовољна ширина банкина,
-небезбједни ивичњаци уз мостове.






3. Пружање трасе пута
-прав пут, честа прекорачења дозвољене брзине.



4. Раскрснице (укрштања)
-лоша прегледност са споредних путева,
-пијесак и камење са приступних путева често доспију на главни пут.





5. Јавни и приватни сервиси, услуге и простор за одмор, јавни превоз
-необиљежени и неправилно изграђени паркинг простори и простори за одмор,
-неправилно означена аутобуска стајалишта.





6. Рањиви и остали учесници у саобраћају
-непостојање одвојених стаза за рањиве учеснике у саобраћају,
-велик број пољопривредних машина, трактора и запрежних кола, која најчешће нису означена.



7. Саобраћајна сигнализација
-лоша видљивост хоризонталне сигнализације, посебно стрелица за усмјеравање саобраћаја,
-недостајање ивичне линије на појединим мјестима,
-непостојање пјешачких прелаза у зонама аутобуских стајалишта,
-недостатак знакова вертикалне сигнализације, посебно знакова за регулисање првенства пролаза на укрштањима асфалтираних путева.







8. Околина и пасивна безбједност пута
-оштећене заштитне ограде и смјероказни стубићи,
-недовољна дужина заштитних ограда,
-непостојање смјероказних стубића,
-лоше ретрорефлектујуће ознаке на заштитним оградама и смјероказним стубићима.





B: Приједлози и препоруке

Краткорочне мјере
Мјере које је потребно предузети што прије су слиједеће:

1. поставити знакове вертикалне сигнализације и то:
   - знакове ограничења брзине, посебно на прилазима раскрсницама и у зонама аутобуских стајалишта;
   - знак опасности „укрштање главног пута са споредним“, на укрштањима асфалтираних путева;
   - на споредним асфалтираним путевима потребно је поставити знакове изричитих наредби II-1 („наилазак на пут са првенством пролаза“) или II-2 („обавезно заустављање“);
   - саобраћајни знак „нераван коловоз“ потребно је поставити у оба смијера, на мјестима на којима се први пут јављају колотрази;
2. обновити хоризонталну сигнализацију, уз употребу високорефлектујућих пластичних маса:
   - потребно је поновно исцртати ивичне и средишње линије да би се код возача отклонила свака недоумица око пружања трасе пута;
   - потребно је обновити постојеће пјешачке прелазе, а у зонама аутобуских стајалишта потребно је поставити нове;
   - потребно је обновити и остале ознаке на коловозу, као што су стрелице за усмјеравање саобраћајних токова, заустављне линије и слично;
3. поставити недостајуће и замјенити оштећене смјероказне стубиће, побољшати ретрорефлексију на свим стубићима;
4. поправити оштећене заштитне ограде, обновити катадиоптере на постојећим и поставити нове на мјестима које недостају.

Средњорочне мјере
У оквиру ових мјера потребно је:

1. уклонити тротоаре са мостова,
2. ријешити проблем „дивљих“ прикључака (правилно их означити и поставити заштитне ограде),
3. уредити споредне путеве:
   - асфалтирати путеве прописне дужине и ширине;
   - извести укрштања са главним путем под правим углом (уколико је то могуће);
   - повећати прегледност код укључивања на главни пут (уклонити дрвеће и растиње на укрштањима главног пута са споредним, јер је оно главни разлог лоше прегледности са споредних путева).

Дугорочне мјере
Дугорочне мјере које је потребно спровести на овој дионици су слиједеће:

1. реконструисати дијелове на којима су уочена оштећења коловоза:
   - потребно је уклонити колотраге који постоје на већем дијелу дионице;
   - поправити оштећења коловоза која постоје на неколико мјеста;

2. проширити банкине чиме би се омогућило заустављање возила покрај пута, без ометања осталих учесника у саобраћају
3. изградити пјешачке стазе и тротоаре на дијеловима пута који пролазе кроз насеља Козарац и Средња Ламовита,
4. предузети мјере да би се смањило прекорачење брзине:
   - постављање надзорних камера које би 24 часа дневно евидентирале све возаче који прекорачују ограничену брзину;
   - смањити ширину саобраћајних трака са 3,5 m на 3,25 m, што би утицало на возаче да смање брзину кретања возила, а и створио би се простор за проширење банкина.

5. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказана примјена провјере безбједности саобраћаја, као једне од проактивних метода за унапређење безбједности саобраћаја, чије је спровођење дефинисано Законом о безбједности саобраћаја на путевима Републике Српске.

Кључни проблеми карактеристични за оба смијера, који су уочени приликом спровођења ПБС су: недостатак знакова вертикалне саобраћајне сигнализације, лоша видљивост хоризонталне сигнализације, нарочито у условима смањене видљивости и ноћу, колотрази који онемогућавају отицање воде, што доводи до клизавог коловоза за вријеме падавина, велики број „дивљих“ прикључака, који су непрописно изграђени и необиљежени, оштећене заштитне ограде или непостојање заштитних ограда и непостојање пјешачких прелаза у зонама аутобуских стајалишта. На основу дефинисаних проблема предложене су мјере за отклањање истих, чијом примјеном би се смањио број саобраћајних незгода, што би директно утицало на смањење броја погинулих, повријеђених и материјалне штете, а укупан ниво безбједност саобраћаја био би на знатно вишем нивоу. Мјере које је потребно спровести у што краћем временском периоду односе се на обнову хоризонталне сигнализације, постављање знакова вертикалне сигнализације који недостају и поправак оштећених знакова. Уколико се посматра дужи временски период, потребно је ријешти проблем „дивљих“ прикључака, приступних путева, оштећења коловоза и лоше прегледности са приступних путева.

Имајући у виду свјетска искуства по питању односа трошкова и користи од примјене ПБС, потребно је да локалне власти и субјекти надлежни за спровођење ПБС препознају користи од ПБС. Такође је потребно да се што прије почне са примјеном ПБС када и како је то дефинисано Законом о безбједности саобраћаја на путевима Републике Српске. Тиме би се уочили недостаци пута и његовог окружења, који могу бити отклоњени у кратком временском року, јер постоји велики број мјера које не захтјевају велика финансијска улагања, а чији кратак период имплементације значи да до побољшања безбједности саобраћаја може доћи веома брзо.

Литература

[1] World Road Association (PIARC), ROAD SAFETY INSPECTION GUIDELINE, 2008.
[2] Закон о безбједности саобраћаја на путевима Републике Срспке, Службени гласник Републике Српске, број 63/11, Бања Лука, 2011.
[3] European Directive on Road Safety Management 2008/96/EC. GUIDELINES FOR COMPETENT AUTHORITIES ON THE APPLICATION OF THE DIRECTIVE.
[4] Ранковић, Ј., Нојковић, Д., Милошевић, Ј. (2013) „ПРОВЕРА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА (ROAD SAFETY INSPECTION) – ПРИМЕНА У ЛОКАЛНОЈ ЗАЈЕДНИЦИ“, 8. Међународна Конференција „Безбедност саобраћаја у локалној заједници“, Ваљево, Србија.
[5] Lyles, R. W. et al. (1986). Efficacy of Jurisdiction-Wide Traffic Control Device Upgrading. Transportation Research Record,1068, 34-41.
[6] Elvik, R. (2006) „Road safety inspections: safety effects and best practice guidelines“, Осло.
[7] „SWOV“ Институт за истраживање безбједности саобраћаја на путевима: „Road Safety Audit and Road Safety Inspection“, Холандија, 2012.
[8] Macaulay, J. & McInerney, R. (2002). Evaluation of the proposed actions emanating from road safety audits. AP-R209/02. Austroads, Sydney.
[9] Allan, P. (2006) „Road Safety Inspection“, ROAD SAFETY SEMINAR, Lome, Togo.

STAVOVI VOZAČA I UPOTREBA ITS TEHNOLOGIJE ZA POVEĆANJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U USLOVIMA SMANJENE VIDLJIVOSTI

Dr Boris Antić, dip. inž. saob.[1]
[1] *Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, b.antic@sf.bg.ac.rs*

Aleksandar Trifunović, dipl. inž. saob.
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

Luka Lenhardt, dipl. inž. saob.
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, lenonluka@gmail.com

Vanja Vožni, dip. inž. saob.
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, vanja.vozni@gmail.com

Dr Svetlana Čičević, dipl. psiholog
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, s.cicevic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Bezbednost saobraćaja na putevima, pored brojnih faktora, nesumnjivo zavisi i od meteoroloških uslova i pojava. Bilo koji meteorološki element ili pojava, koji menja odnose između elemenata saobraćajnog sistema (čovek (vozač), vozilo, put, okolina) ili promeni karakteristike nekog (ili svih) od navedenih elemenata, direktno utiče na operativne i bezbednosne performanse celokupnog sistema. Vozači reaguju na slabu vidljivost na različite načine: neki smanjuju brzinu vozila, dok neki precenjuju svoje sposobnosti i ne smanjuju brzinu vozila. Kako bi olakšali vožnju u uslovima smanjene vidljivosti, vozači najčešće slede zadnji deo vozila ispred sebe, ne vodeći računa o rastojanju sleđenja, stanju kolovoza i mnogim drugim okolnostima koje mogu doprineti nastanku saobraćajne nezgode. Shodno tome, stvaraju se opasni uslovi (na deonicama puta na kojima je smanjena vidljivost) koji su veći ukoliko postoji velika disperzija brzina, a najugroženija su vozila koja se kreću velikim, kao i vozila koja se kreću malim brzinama. Uočavajući veliki značaj meteoroloških uslova i pojava za nadzor saobraćaja u realnom vremenu, države koje prednjače u bezbednosti saobraćaja, potencijalne probleme smanjene vidljivosti rešavaju upotrebom ITS tehnologije. ITS sistemi upozoravaju vozače i sadrže senzore na određenim delovima puta, koji automatski aktiviraju izmenjive saobraćajne znakove na kojima se ispisuju savetodavne poruke u pogledu ograničenja brzine vozila, preporučeno rastojanje sleđenja vozila, trenutna vidljivost, udaljenost kolone vozila usled zastoja i sl. Primarni cilj ovog rada je da se predstavi značaj razumevanja uticaja nepovoljnih vremenskih uslova na operativne aktivnosti i bezbednost saobraćaja, promovišu strana iskustva i strategije za rešavanja ovih problema, prikažu stavovi vozača o doprinosu ITS portala povećanju nivoa bezbednosti saobraćaja i funkcionisanju saobraćajnog toka, kao i mogućnosti implementacije predstavljenih rešenja u Republici Srbiji.

Ključne reči: Bezbednost saobraćaja, ITS tehnologija, Smanjena vidljivost, Rastojanje sledjenja, Stavovi.

1. UVOD

Pojam inteligentni transportni sistem (ITS - Intelligent Transportation System) predstavlja sistem mera i tehnologija primenjenih u transportnom sistemu koji objedinjuje informatičku i telekomunikacionu tehnologiju, a čijij je cilj povećanje nivoa bezbednosti saobraćaja, efikasnije funkcionisanje saobraćaja sa manje zastoja i niži nivo zagađenja životne sredine.

ITS je automatizovani sistem informisanja i vođenja saobraćaja koji se sastoji od hardvera i softvera. Sistemom senzora i kamera ITS registruje stanje na putevima, zatim u centralnoj jedinici obrađuje prikupljene podatke i na njih reaguje odašiljanjem adekvatnih informacija, na prvom mestu vozačima, osoblju u centrali i ostalim zainteresovanim stranama uz pomoć sistema daljinske kontrole promenljivih znakova obaveštenja (tzv. semafor-tabli). ITS uključuje korišćenje elektronske, kompjuterske i komunikacijske opreme u cilju prikupljanja informacija, njihove obrade i preduzimanja odgovarajućih mera. Korišćenjem ove tehnologije smanjuje se broj saobraćajnih nezgoda i skraćuju se zastoji na putu. Osnovne prednosti koje sistem pruža su omogućavanje pravovremenog informisanja vozača o meteorološkim uslovima i mogućnost

[1] Boris Antić: *b.antic@sf.bg.ac.rs*

informisanja o alternativnim putnim pravcima, čime se sprečava pojava zastoja i skraćuje vreme potrebno za uočavanje i rešavanje incidentnih situacija [1].

U najopštijem smislu ITS treba da omogući poboljšanje nivoa bezbednosti saobraćaja preko uticaja na:

- smanjivanje izloženosti saobraćaju i rizicima u saobraćaju,
- smanjivanje rizika za nastanak nezgode,
- smanjivanje posledica nezgode koje su se dogodile.

U radu su prikazani primeri ITS sistema koji se upotrebljavaju u razvijenim zemljama, kao i prikaz stavova vozača o doprinosu ITS portala, postavljenih na teritoriji Republike Srbije, za povećanje nivoa bezbednosti saobraćaja i funkcionisanja saobraćajnog toka. Posebno je analizirano percipiranje navedenih ITS portala i mogućnost primene ovih sistema za pružanje informacija o smanjenoj vidljivosti na deonicama puta.

1.1. Elementi ITS-a

Elementi koji čine ITS su prikazani na Slici 1.:

1. Centralni server koji se nalazi u saobraćajnom-operativnom centru koji koristi specijalne softverske pakete,
2. Saobraćajni senzori koji su povezani sa centralnim serverom,
3. Promenljivi saobraćajni signalizacija sa različitim sadržajem,
4. TV kamere i meteorološke stanice koje su povezane sa centralnim serverom [2].



Slika 1. *Prikaz elemenata ITS sistema*

1.2. Saobraćajni senzori

Saobraćajni senzori koji se koriste u ITS-u predstavljaju vrhunska dostignuća tehnike. Oni mogu biti postavljeni na samom putu posebnim načinima montiranja pri izgradnji puta ili naknadno, u neposrednoj blizini puta. Senzori detektuju brzinu vozila, opterećenje osovina, razmak izmedju osovina i vrše klasifikaciju vozila [3].

1.3. Promenljiva saobraćajni signalizacija

Saobraćajni znakovi promenljivog sadržaja za rad koriste solarnu energiju uz rezervne baterije. Specifičnost saobraćajnih znakova sa izmenljivim sadržajem je u tome, što se zahvaljujući njima može objaviti praktično neograničen broj različitih informacija namenjenih vozačima, te se tako mogu menjati dozvoljene brzine

vozila zavisno od trenutne situacije na putu. Takođe je moguće vozače obavestiti o alternativnim putnim pravcima, u slučaju saobraćajne nezgode, loših meteoroloških uslova (magla, sneg i sl.) ili zastoja na određenoj deonici. Oni se u mnogim zemljama koriste da obaveste vozače o važnim informacijama koje se u tom trenutku emituju preko radio frekvencija namenjenih isključivo korisnicima određenog puta. Najnovija generacija ovih znakova se zasniva na modularnom sistemu proizvodnje lakih elemenata koji se jednostavno spajaju formirajući znak potrebne veličine, na kome je moguće prikazati tekst ili grafičke prikaze [3].

1.4. TV kamere i meteorološke stanice

Detektori prekoračenja brzine vozila u kombinaciji sa sistemom kamera daju mogućnost registrovanja prekršioca, uz automatsko izdavanje kazne ili obaveštavaju najbliže policijske patrole o podacima vezanim za vozilo i ozbiljnosti prekršaja. Meteorološke stanice prikupljaju podatke iz okoline, pripremaju ih i šalju centralnom serveru.

Senzori koji se nalaze u okviru meteorološke stanice su:

- Inteligentan senzor u kolovozu (registruje površinski sloj vode, temperaturu kolovoza, stanje kolovoza, poledicu),
- Senzor za padavine (registruju kišu, sneg),
- Senzor za temperaturu, vetar (smer i jačina) i vlažnost,
- Senzor za vidljivost [3].

2. VIDLJIVOST

Vidljivost je okolnost od velikog značaja za analizu saobraćajnih nezgoda, a posebno ako se ima u vidu da se veliki broj saobraćajnih nezgoda dešava u uslovima smanjene vidljivosti (ograničena vremenskim i/ili nepovoljnim meteorološkim uslovima ili i nizom drugih faktora). Pod pojmom "vidljivost" podrazumeva se prozračnost ili providnost atmosfere. Pri određivanju vidljivosti nastoji se da se što tačnije odredi mutnoća atmosfere (vazduha), a da se pri tome u što većoj meri otklone drugi uticaji koji menjaju uslove raspoznavanja predmeta. Termin “vidljivost” definisan je i u Zakonu o bezbednosti saobraćaja na putevima, i to kao odstojanje na kome učesnik u saobraćaju može jasno videti kolovoz [4].

Za analizu saobraćajnih nezgoda sa aspekta vidljivosti važno je definisati meteorološke prilike u vreme nastanka nezgode koje mogu biti povoljne i nepovoljne. Naime, na pogoršanje vidljivosti veliki uticaj mogu imati magla, jaka kiša, oblačnost, vejavica, mećava i slično, pa se mogu razlikovati:

- Vidljivost u dnevnim uslovima,
- Vidljivost u noćnim uslovima,
- Smanjena vidljivost u dnevnim uslovima (ograničena vidljivost),
- Smanjena vidljivost u noćnim uslovima (ograničena vidljivost).

Tabela 1. *Tabela dnevne vidljivosti*

ŠTA SE VIDI, UOČAVA ILI RASPOZNAJE	DALJINA (km)
Naseljeno mesto	10 – 12
Fabrički dimnjaci i visoke zgrade	6 – 8
Kuća i prozori na kući	4 – 5
Vide se pojedini telefonski stubovi	1,2
Pokretanje nogu u hodu	0,7
Vidi se pokretanje ruku pri hodu	0,4
Razlikuju se boje i delovi odeće	0,25

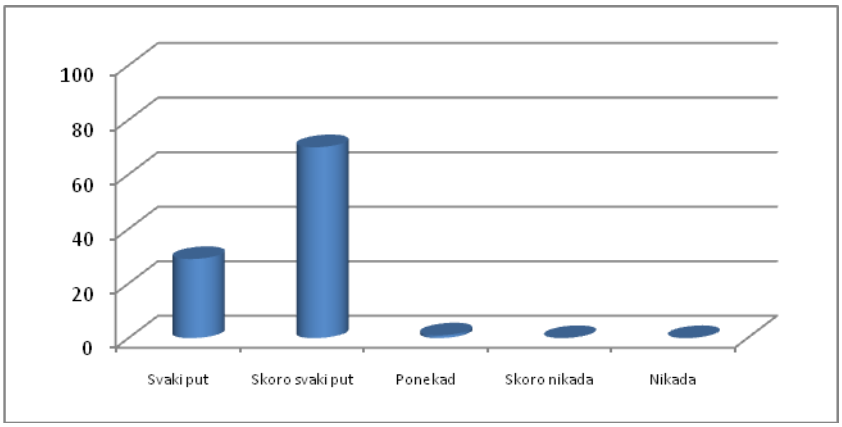
Prema ZOBS-u, uslovi smanjene vidljivosti su uslovi u kojima je vidljivost manja od 200 m na putu izvan naselja, odnosno 100 m na putu u naselju [4]. Smanjena vidljivost se javlja u slučaju magle, jake kiše, oblačnosti, vejavice, mećave i slično. Jedan oblik smanjene vidljivosti su i noćni uslovi. Vidljivost u noćnim uslovima na prvom mestu zavisi od vremenskih i meteoroloških uslova, zatim od veštačkih izvora svetlosti (ulično osvetljenje, osvetljenje sa okolnih kuća i sl.), boje i stanja kolovoza (taman-svetao, mokar, vlažan, suv, ravan, oštećen kolovozni zastor...), boje prepreke, prisustva i/ili zaslepljivanja vozača svetlima vozila iz suprotnog smera [5] .

3. METOD ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je vršeno isključivo putem on-line ankete koja je napravljena na platformi „Google Drive“ [6]. Osnovni problem ovakve vrste istraživanja predstavlja pitanje da li je prikupljen uzorak zaista reprezentativan. Ne postoje intervencije koje mogu garantovati potpunu objektivnost rezultata istraživanja [7]. Anketa se sastoji od devet pitanja, od kojih je pet pitanja vezano za demografske karakteristike, dok su ostala pitanja namenjena ispitivanju stavova i percepcije ITS saobraćajnih znakova i portala (koji pružaju informacije vozačima o trenutnoj temperaturi vazduha i sl.) vozača. Anketa sadrži skalu procene u kojoj su ispitanici imali pet gradacijskih nivoa, da iskažu svoje stavove (svaki put, skoro svaki put, ponekad, skoro nikada i nikada). Prva četvrtina tekuće godine je period u kome je realizovano anketiranje građana. Podaci prikupljeni anketom su uneti i obrađeni u bazi podataka koja je urađena u programskom paketu MS Excel.

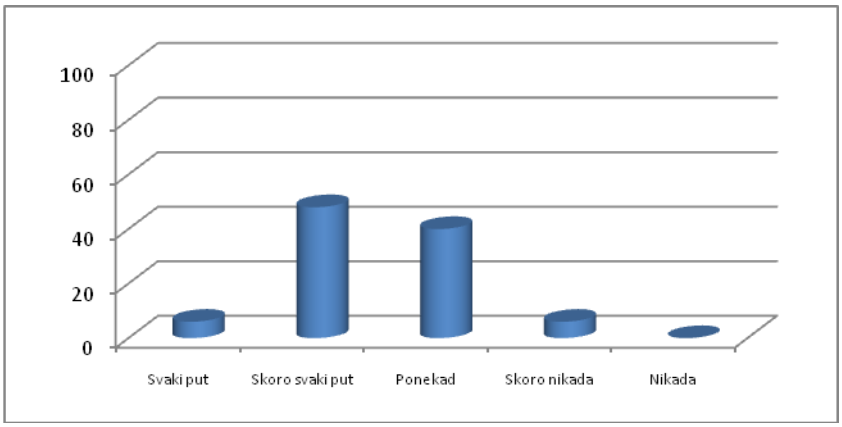
4. KLJUČNI REZULTATI RADA

Analiziran je uzorak od 73 ispitanika, od čega su 52% bili ženskog pola, dok su 48% činili muškarci, starosti između 18 i 60 godina. Utvrđeno je da brzina vizualne obrade podataka i motoričke sposobnosti pojedinaca imaju najveći uticaj na nastanak saobraćajne nezgode. Činjenica je da pažnja i brzina vizualne obrade podataka opada sa povećanjem godina starosti, počevši od 20-tih godina [7].



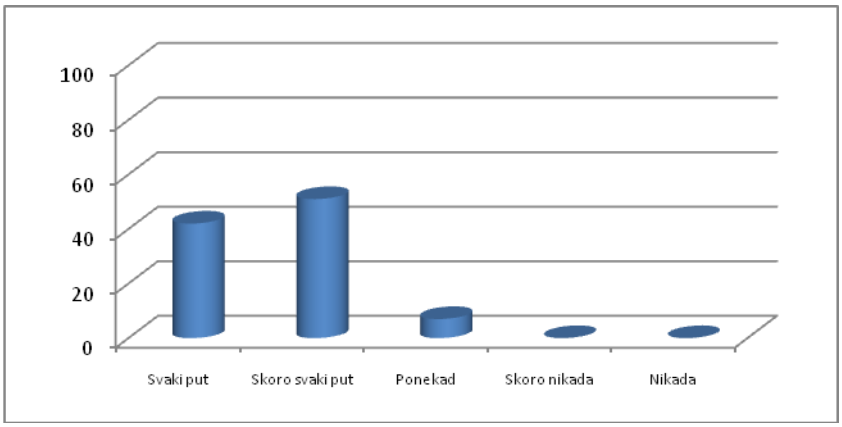
Dijagram 1 *Opažanje ITS portala na auto-putevima*

Analizom pitanja o opažanju ITS portala na auto-putevima, dolazi se do rezultata da 65% ispitanika skoro pri svakom putovanju primeti ITS portal, svaki put 28%, a ponekad 1% (Dijagram 1).



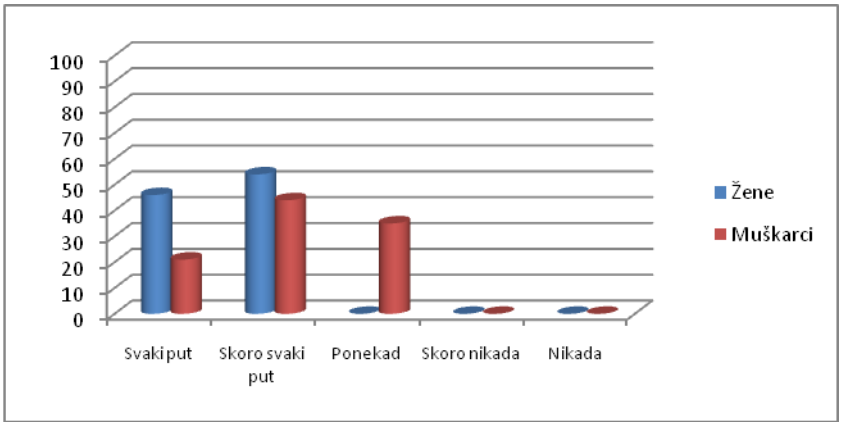
Dijagram 2 *Percipiranje informacija prikazanih na ITS portal*

Tačno 40% vozača ponekad primete informaciju koja je prikazana na ITS portalu, skoro svaki put 48%, a skoro nikada i svaki put po 6% (Dijagram 2).



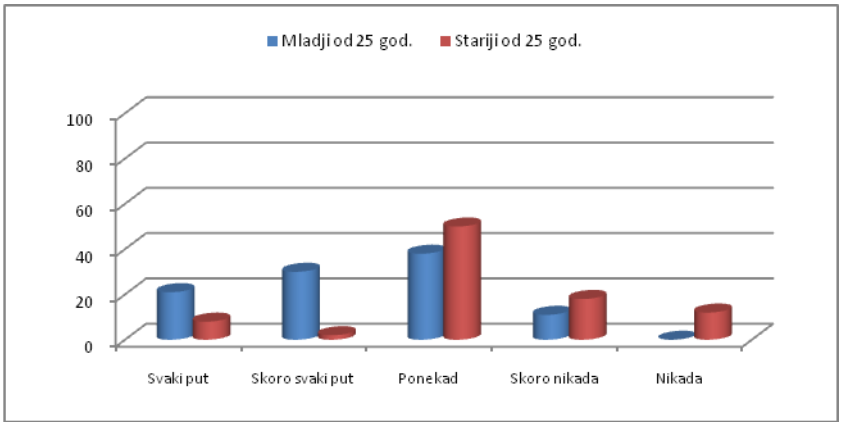
Dijagram 3 *Odgovori na pitanje „Da li ITS portali pomažu povećanju bezbednosti saobraćaja“*

Rezultati odgovora na pitanje da li ITS portali pomažu povećanju bezbednosti saobraćaja i funkcionisanju saobraćajnog toka, pokazuju da vozači i putnici smatraju ITS portale kao osnovno sredstvo prikupljanja bitnih informacija (51% skoro svaki put, 42% svaki put, 7% ponekad) (Dijagram 3), što opravdava korišćenje ITS portala kao sredstva informisanja vozača i putnika o uslovima u saobraćajnom toku. Navedeni rezultati predstavalju dobar preduslov za prikazivanje informacija na ITS portalima o uslovima vidljivosti na putu.



Dijagram 4 *Opažanje ITS portala u zavisnosti od pola ispitanika*

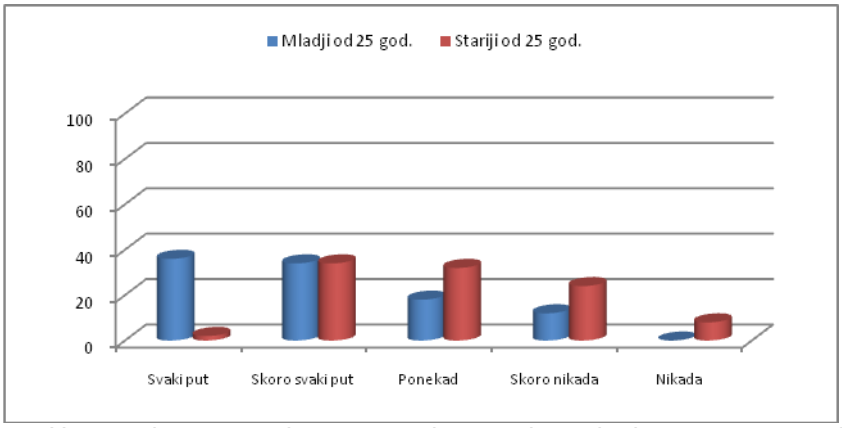
Osobe ženskog pola generalno bolje opažaju ITS portale. ITS portale u Beogradu 46% osoba ženskog pola uoči svaki put, a 54% skoro svaki put, za razliku od muškaraca koji u 21% slučajeva svaki put uoče ITS portale, 44% skoro svaki put, a ponekad ih uoči 35% (Dijagram 4).



Dijagram 5 *Uočavanje* ITS portala *u zavisnosti od uzrasta uzrasta ispitanika*

Interesantan zaključak proizilazi iz analize prikupljenih podataka kada se posmatra uočavanje ITS portala prema starosnim grupama. Osobe mlađe od 25 godina skoro svaki put (30%) opaze poruku na ITS portalima, za razliku od osoba koje su starije od 25 godina, koje skoro svaki put uoče ITS portale samo u 2%

slučajeva. Najveći broj starijih ispitanika, tačnije njih 50%, ponekad uoče ITS portale, dok ih 18% skoro nikada ne uoči (Dijagram 5).



Dijagram 6 *Uočavanje* ITS portala *u Beogradu, u zavisnosti od uzrasta uzrasta ispitanika*

Da bolje ITS portale uočavaju osobe mlađe od 25 godina potvrđuju i rezultati o primećivanju ITS portala u Beogradu. Osobe mlađe od 25 godina ITS portale u glavnom gradu primete svaki put u 36% slučajeva, a skoro svaki put u 34%, dok 34% starijih ispitanika skoro svaki put primete, 32% ih primeti ponekad, dok 24% skoro nikada ne primeti ITS portale u Beogradu (Dijagram 6).

5. ZAKLJUČAK SA DISKUSIJOM

U ovom radu je izložen nacrt funkcionisanja ITS sistema koji bi trebali da pronađu svoju primenu na putevima Republike Srbije u povećanju bezbednosti saobraćaja i u uslovima smanjene vidljivosti. Pored navedenog, rad sadrži rezultate ispitivanja stavova i percipiranje ITS saobraćajnih znakova i portala (koji pružaju informacije vozačima o trenutnoj temperaturi vazduha i sl.) od strane vozača. Pogodnosti ovog sistema mogu biti efikasnije kretanje vozila kroz mrežu saobraćajnica, smanjenje vremena putovanja, zagušenja, zagađenja životne sredine i preventivno povećanje bezbednosti saobraćaja [8]. Uočavajući veliki uticaj meteoroloških uslova na bezbedno funkcionisanje saobraćaja države, koje prednjače u bezbednosti saobraćaja, potencijalne probleme smanjene vidljivosti rešavaju upotrebom ITS tehnologije.

Rezultati odgovora na pitanje da li ITS portali pomažu povećanju bezbednosti saobraćaja i funkcionisanju saobraćajnog toka, pokazuju da vozači i putnici smatraju ITS portale kao osnovno sredstvo prikupljanja bitnih informacija, što opravdava korišćenje ITS portala kao sredstva informisanja vozača i putnika o uslovima u saobraćajnom toku. Navedeni rezultati predstavalju dobar preduslov za prikazivanje informacija na ITS portalima o uslovima vidljivosti na putu. Kao najvažniji rezultati rada izdvajaju se razlike u uočavanju ITS portala kod ososba različitog pola, ali i kod osoba različitog starosnog doba. Naime, rezultati dobijeni istraživanjem su pokazali da osobe ženskog pola i osobe mlađe od 25 godina generalno bolje opažaju ITS portale.

Strana iskustva pokazuju pozitivne rezultate primene ITS sistema za povećanje bezbednosti i funkcionisanja saobraćaja u uslovima smanjene vidljivosti. Rezultati sprovedenog istraživanja ukazuju na odlično interesovanje i percipiranje novopostavljenih ITS portala (na nekoliko lokacija u Srbiji na putevima višeg ranga), što predstavlja prvi preduslov za povećanje upotrebe ITS-a, a sve u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja pružanjem informacija vozačima o uslovima smanjene vidljivosti, vanrednim situacijama i alternativnim rutama.

Literatura

[1] Petrović,S., Miljković, J. Primena inteligentnih transportnih sistema u zonama radova na putu.
[2] http://www.swarco.com (12.02.2014.).
[3] Vuksanović, B. (2008). Strategija planiranja, razvoja i primene inteligentnih transportnih sistema (ITS) na putevima R. Srbije u funkciji bezbednosti saobraćaja. Srbija.

[4] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, Službeni glasnik br. 41/09, 2009.
[5] Pešić, D., Marković, N. (2012). Značaj određivanja vidljivosti za analizu saobraćajnih nezgoda. XI Simpozijum "Analiza složenih saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju", Srbija, 61-74.
[6] Čičević, S., Vožni, V., Trifunović, A., Vujanić, M. (2014). Poređenje teorijskog znanja u Srbiji po regionima.
[7] "Research Review Of Potential Safety Effects Of Electronic Billboards On Driver Attention And Distraction", (2001). Human Centered Systems Team Office of Safety Research and Development Federal Highway Administration.
[8] Čičević, S., Glavić, D., Trifunović, A. (2013). Perceptions and attitudes of drivers towards digital billboards. Put i saobraćaj, 59(3), 13-20.

ПРИЛОГ РАЗВОЈУ СТРАТЕГИЈЕ ЗА КОНТРОЛУ СРЕДЊЕ БРЗИНЕ ВОЗИЛА

ENCLOSURE TO THE STRATEGY FOR AVERAGE SPEED ENFORCEMENT

Проф. др Крсто Липовац[1], Гојко Везмар[2]

[1] дипл. инж. саобраћаја, редовни професор, Криминалистичко-полицијска академија, Земун, Србија, k.lipovac@gmail.com

[2] дипл. инж. саобраћаја, студент докторских студија, Саобраћајни факултет, Београд, Србија, gojkovezmar@gmail.com

Резиме: *Контрола средње брзине возила је релативно нов и технолошки иновативан приступ контроли и санкционисању саобраћајних прекршаја који је све популарнији у великом броју земаља. Закон о безбедности саобраћаја на путевима Републике Србије, усвојен крајем 2009. године, поставио је законску основу за мерење средње брзине возила на путу. Међутим, због непостојања одговарајућих техничких система у Србији још увек није успостављен овај начин контроле. У последњих годину дана ово питање актуелизовано је од стране управљача путева. У раду је објашњен техничко-технолошки принцип функционисња система за контролу и санкционисање прекршаја прекорачења средње брзине, као и искуства из праксе земаља у којима су инсталирани такви системи.*

Кључне речи: *стратегија, контрола средње брзине, брзина од тачке до тачке, системи камера за снимање саобраћајних прекршаја.*

Abstract: *Average speed enforcement is a relatively new approach for traffic enforcement with rising popularity throughout a large number of countries. The Low on road traffic safety in Serbia published at the end of 2009, defined legal base for average speed enforcement. However, this kind of speed enforcement still hasn't been applied in Serbia because specific technical systems are necessary. During last year, this topic was actualized by road agencies. This paper explains how average speed enforcement systems work and gives a brief view on experiences from various countries from the world.*

Keywords: *strategy, average speed enforcement, point-to-point speed, traffic enforcement camera systems*

1. УВОД

Циљ управљања брзинама је одређивање, спровођење и прихватање оптималних брзина возила на путу, ради увећавања позитивних и смањивања негативних ефеката саобраћаја, тј. у функцији безбедног и ефикасног одвијања саобраћаја.

Управљање брзинама треба да помири контрадикторне захтеве друштва и појединачних корисника пута. Зато је важно да се свеукупно сагледавају и стручно пондеришу утицаји брзина. Појединачни и друштвени критеријуми за оптимизацију брзина нису исти, а некад су чак и супротстављени. Посебно се разликује вредновање појединих утицаја. На пример, за возаче је најважнији утицај брзине на време путовања. Возачи, обично, подцењују утицај брзине на безбедност саобраћаја. Са друге стране, друштво би требало да научно сагледа све утицаје, па ће утицај брзине на безбедност саобраћаја, често бити доминантно вреднован, а утицај на време путовања ће бити вредновани мањим тежинским факторима.

Све мере за управљање брзинама у Европи, можемо сврстати у неколико категорија (MASTER[3], 1998):

- информативне и законске мере
- интервентне мере
- мере које се односе на пројектовање путева
- раскрснице

[2] Аутор задужен за коресподенцију: *gojkovezmar@gmail.com*

[3] MASTER (MAnaging Speeds of Traffic on European Roads), Transport research, fourth framework programmed road transport, TRANSPORT DG – 106.

Законске и информативне мере:
- правило о прилагођеној брзини
- општа ограничења брзине
- ограничење брзине фиксним знацима
- променљиви саобраћајни знаци
- системи кажњавања
- знаци за препоручену брзину
- информације у возилу о тренутном ограничењу
- поруке поред пута
- поруке у возилима о брзини, ограничењу и прекорачењу
- оспособљавање возача
- едукативне кампање

Интервентне мере:
- скривене полицијске патроле
- јавно видљиве полицијске контроле
- стационирани радари са камером
- адаптивна контрола брзине
- фиксни лимитери брзине у возилу
- променљиви лимитери брзине у возилу

Мере које се односе на пројектовање путева:
- сужење путева
- шикане на путу
- кратке избочине на путу
- кратка удубљења на путевима
- дужа испупчења на путу
- кружне раскрснице
- посебно уређени улази у насеља
- ознаке на путу
- пруге и неравнине на коловозу
- смањење прегледности на путу
- прилагођавање путева околини
- самообјашњавајући путеви

Раскрснице:
- геометрија и дизајн раскрснице
- растојање између раскрсница
- ширина и уређеност прилаза раскрсници
- начин регулисања првенства пролаза
- прегледност у раскрсници
- постављање знака "стоп" и "пут са првенством пролаза"

Систем кажњавања за прекорачење брзине је веома важна мера која неке државе чини успешним, а неке мање успешним. Кажњавање због прекорачења ограничене брзине може бити на основу мерења тренутне или на основу мерења средње брзине возила.

Мерење тренутне брзине може бити резултат случајне грешке, резултат тренутног прекорачења брзине. Зато се код ових система, обично примењује опраштање мањих прекорачења брзине. Мали је ефекат контроле у времену ("halo time" ефекат) и ефекат дуж пута ("halo distance" ефекат). Зато се, код мерења тренутне брзине, јавља се тзв. "кенгур ефекат" - појава да возачи смањују брзине у близини места мерења (у близини полицијске патроле или камера на путу), а касније поново убрзавају. За успешно управљање брзинама неопходно је више полицијских патрола, односно више камера и радара на путу. Ефикасност овакве контроле брзине је слабија, а често се оспорава и етичност кажњавања на основу мерења тренутних брзина.

Такође је потребно да се возачима онемогући да избегну казну за извршени прекршај. Висина одговарајућих казни треба да буде у складу са са тежином прекршаја, а временски период од тренутка када је прекршај учињен до тренутка када је казна примењена треба да буде што краћи. Доказано је да не постоји зависност између износа новчане казне за пребрзу вожњу и брзине вожње, односно да је мала корелативност између висине казне и степена поштовања ограничења брзине. Уопштено, много је ефективније повећати ризик, тј. вероватноћу прекршилаца да ће бити ухваћени, него повећати износ казни[4].

Мерење средње брзине је предвиђено у неким државама, као и могућност да возач буде кажњен на основу овог мерења. Уколико је ограничење брзине на некој деоници непроменљиво, а измерена средња брзина на тој деоници већа, онда је сигурно да је возач на једном делу пута возио већом брзином од ограничене. Док прекршај тренутне брзине показује тренутну (можда случајну и изузетну) грешку, дотле *прекршај средње брзине показује склоност ка прекорачењу брзине*. Зато су ови системи исправнији, оправданији и ефикаснији за примену.

Усвајањем Закона о безбедности саобраћаја на путевима („Службени гласник РС“, бр. 41/2009,) у Републици Србији први пут је постављена јасна законска основа за санкционисање прекршаја прекорачења дозвољене средње брзине возила. Средњу (просечну) брзини кретања возила, на одређеној деоници пута, Закон дефинише као количник између дужине те деонице и времена за које возило ту дужину пређе (члан 7.). У члану 42. дефинисано је и да се све одредбе овог закона које се односе на брзину, примењују на тренутно измерену брзину и средњу (просечну) брзину. Иако постоји законска основа, у Србији још увек није успостављен овај начин контроле брзине.

[4] MASTER.

Управо због свега наведеног, за предмет овог рада одабрана је контрола средње брзине возила, као једна од важних мера за управљање брзинама, до сада непримењивана у Србији.

Пред ауторе је стављено неколико задатака:

- Истражити и приказати принципе рада система различитих произвођача
- Истражити и приказати ефекте рада ових система у земаљама које дужи низ година примењују овај вид контроле брзине
- Истражити који су све били мотиви, очекивани резултати и сврхе примене система за контролу средње брзине у различитим земљама света

Циљ овог рада је да кроз приказ основних принципа рада система и анализу искуства других земаља у њиховој примени, допринесе развоју стратегије за контролу и санкционисање прекршаја прекорачења дозвољене средње брзине у Србији.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДОЛОГИЈА

Схватајући значај контроле средње брзине кретања возила, као и потенцијалну важност овог рада за будући развој стратегије за контролу средње брзине на путевима у Републици Србији, реализација задатака ишла је у неколико основних праваца:

- Преглед релевантне домаће и стране литературе која теоријски обрађује контролу средње брзине и управљање брзинама уопште
- Изучавање домаћег законодавства у Републици Србији
- Систематска интернет претрага (заснована на кључним речима) којом су идентификоване и обрађене релевантне студије и стратегије различитих земаља у којима дужи низ година функционишу системи за контролу средње брзине
- Преглед сајтова различитих организација заинтересованих за конторлу средње брзине, укључујући водећих светске произвођаче система, полицију и организације које се баве безбедношћу саобраћаја

Од самог почетка истраживања било је јасно да постоји релативан недостатак ригорозних научних истраживања која обрађују ефекте система за контролу средње брзине. У неким земљама чак није ни спроведено ваљано праћење стања пре инсталације система. Уз то треба напоменути и да су доста објављених истраживања заправо спровеле организације које нису сасвим независне, као што су организације (службе) које директно управљају и раде на системима или сами произвођачи опреме. Стога, у светлу наведених методолошких ограничења треба посматрати резултате овог истраживања.

3. ПРИНЦИП РАДА СИСТЕМА

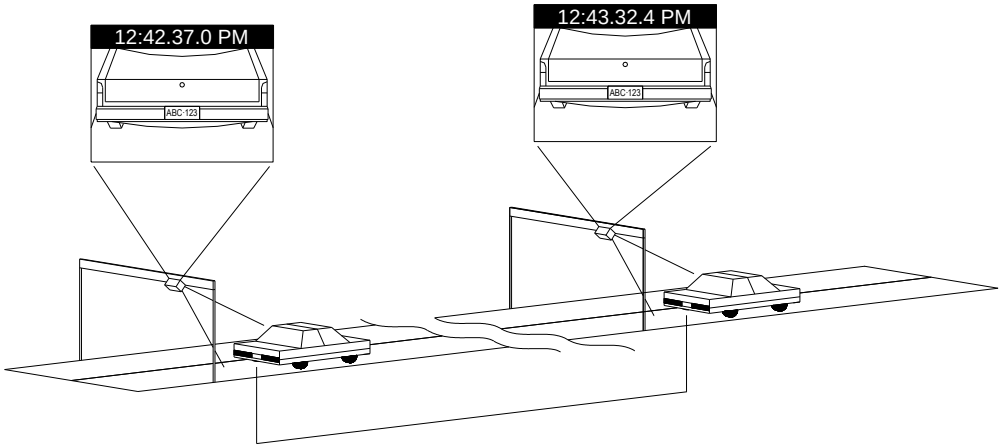
Контрола средње брзине возила[5] заснива се на системима који се састоје из неколико основних сегмената:

- низ камера инсталираних изнад или поред пута на улазу и излазу деонице на којој се мери брзина
- детектори наиласка возила који служе као „окидачи“ за снимање камера. Најчешће се користе детектори уграђени у коловоз (индуктивне петље или пиезо елементи) и радарски или ласерски системи детекције који се постављају изнад или поред пута.
- процесорска јединица на конторлној тачки пута која обрађује податке са камера и шаље централном рачунару
- централни рачунар који упоређује податке са различитих локација
- енергетска и комуникациона инфраструктура

На неким местима камере се постављају тако да снимају возила са задње стране, на неким местима снимају са предње стране, док на неким местима камере снимају са обе стране. Камере које снимају

[5] За контролу средње (просечене) брзине у пракси других земљама и њиховим законодавствима могу се срести још неки термини: контрола брзине од тачке до тачке (Аустралија, Нови Зеланд), контрола брзине на деоници пута или контрола трајекторије (Холандија, Аустрија), „тутор систем“ (Италија), итд.

са предње стране намењене су да осигурају снимање регистрације тегљача (код тегљача са приколицом), док камере које снимају са задње стране имају за циљ да ухвате регистрационе ознаке на мотоциклима.



Слика 1. *Типична поставка система за контролу средње (просечне) брзине возила*
Извор: www.redflex.com

Принцип рада је да регистрационе ознаке свих возила бивају снимљене на почетку и на крају деонице. Свако возило које прође кроз улазну тачку деонице бива дигитално фотографисано, слика сачувана, регистрационе ознаке аутоматски очитане (ANPR) на лицу места и прослеђене у централни рачунар где се повезују (упарују) са регистрационим ознакама возила снимљеним на излазној тачки деонице. Након успешног повезивања, средња брзина се рачуна једноставним дељењем дужине деонице са временом за које је возило прешло ту деоницу:

$$V_{sr} = \frac{D}{t}$$

где су:

V_{sr} - средња (просечна) брзина возила на деоници

D - дужина деонице

t - времене за које је возило прешло деоницу

Уколико израчуната средња брзина прекорачује ограничење које важи на тој деоници, две повезане фотогрфије шаљу се са система на лицу места до службе за просецуирање прекршаја на ручну верификацију.

На основу регистарских ознака добијају се подаци о власнику возила коме на кућну адресу стиже обавештење о учињеном прекршају. Детаљи око садржаја овог обавештења и даља процедура одређени су судском праксом и законодавством државе, а у неким земљама и мање административне јединице (покрајине, града). У Републици Србији, законом је дефинисано да се за контролу и санкционисање прекршаја прекорачења средње брзине примењује исто што за контролу и санкционисање прекршаја прекорачења тренутне брзине. Према актуелној судској и полицијској пракси у Србији, то значи да би власнику возила на кућну адресу стигло обавештење о прекршају које поред осталог садржи две фотографије (на улазној и излазној тачки деонице) са тачним временом проласка кроз те тачке и израчунатом средњом брзином. Власник возила имао би рок од 8 дана да се изјасни о томе ко је управљао возилом у то време.

Одговорност власника возила је важан детаљ који увећава субјективни ризик кажњавања и повећава ефикасност поступка кажњавања. Неке земље су предвиделе да се за прекршај може казнити само лице за које *надлежни орган докаже* да је прекршилац. Полиција је дужна да доказује ко је управљао возилом, у време прекршаја, што отежава поступак и чини га сложеним и неефикасним. У овим државама се не примењује (или се отежано примењују) аутоматско снимање и доказивање прекршаја, примењују се посебни системи који снимају и изглед лица (најчешће се користе две или више камера, тако да макар једна камера квалитетно сними и лице возача) или се камере комбинују са патролама које одмах после снимања прекршаја заустављају возача.

Успешније су државе које су предвиделе да је *власник возила дужан да органима власти саопшти ко је управљао возилом* у време прекршаја. Уколико власник возила не би саопштио ко је управљао његовим возилом, то би био прекршај за који власник возила може бити кажњен ("*возило је опасна ствар!*"). Ове казне су високе, како би дестимулисале власнике возила да на овај начин увек избегавају плаћање казни за прекршаје. Међутим, у овом случају прекршилац може да избегне остале казне (забрану управљања возилом, казнене поене или затвор), што систем чини неефикасним и неправичним (возачи рецидивисти успешно избегавају казне које случајни прекршиоци плаћају).

Најбоље резултате постижу земље које су експлицитно предвиделе *одговорност власника возила* у свим случејевима, осим када он докаже да је неко други управљао његовим возилом, у време прекршаја. Ови системи су веома ефикасни и брзо дају резултате на путевима, у погледу бољег поштовања ограничења брзине и других прописа.

3.1. Разлози за постављање система за конторлу средње брзине

Суштина увођења система за контролу средње брзине огледа се у утицају на возаче да смање своју брзину и поштују ограничење на читавој деоници пута, чиме се постиже виши ниво промене понашања возача.

Прекорачење тернутне брзине возила детектовано на некој тачки пута може бити резултат тренутног пада концентрације или „потребе“ да се претекне неко возило. Истовремено, контрола тренутне брзине возила, било да се ради о стационарним системима, било да се ради о мобилним радарима, има веома огрничен опсег утицаја на возача (око 500 метара пре и после контролне тачке). У том смислу, средња брзина је бољи показатељ прекорачења брзине а њена контрола и санкционисање више је „фер“ према возачима него санкционисање тренутне брзине возила.

Контрола средње брзине такође има и додатне ефекте. Обзиром да се постиже смањење брзина возила дуж целе деонице, контрола средње брзине користи се из за смањење саобраћајних загушења као и смањење негативних утицаја моторних возила на животну средину. Равномеран саобраћајни ток значи мање убрзавања и кочења, што за последицу има уштеде у потрошњи горива и смањење емисије издувних гасова мотора.

На пример у Холандији, технологија за контролу средње брзине, осим за безбедност саобраћаја, у велокој мери користи се и за наведене сврхе управљања саобраћајним током. Увођење система за контролу средње брзине код Ротердама имало је веома повољан утицај на квалитет ваздуха, где су мерења показала смањење загађења ваздуха за око 5-10%. Осим тога, ова технологија утицала је и на смањење нивоа буке коју стварају возила на контролисаним деоницама.

Са друге стране, имамо занимљив пример из Француске где је на деоници од 12 km аутопута инсталиран систем који мери средњу брзину возила, али не ради кажњавања, већ у сврху упозорења и превентивног утицаја на возаче. Наиме, постављена је променљива сигнализација у виду дисплеја који у случају прекорачења средње брзине приказује рагистрациону ознаку тог возила уз натипс „пребрзо!“.

Обзиром да се очитавају таблице свих возила, системи за контролу средње брзине могу се употребити и у друге корисне сврхе: детекцију возила којима је истекла регистрација, контролу кретања у недозвољеним саобраћајаним тракама, контролу наплате путарине, регулисање приступа, праћење украдених возила и других возила од интереса. Неки системи су подешени да сликају возила тако да се може извршити контрола да ли возила имају кључена светла. Такође, у зависности од конфигурације, системи за контролу средње брзине могу се користити и за бројање саобраћаја и снимање других параметара саобраћајног тока.

Тако је, на пример, приликом пројектовања система за контролу средње брзине на Kaisermühlen тунелу у Аустрији прецизно дефинисана сврха постављања система:

- контрола различитих ограничења брзина за различите категорије возила
- хармонизација саобраћајног тока (смањење загушења у вршним часовима)
- надзор затворених трака
- детекција возила која се крећу у погрешном смеру
- фотографисање и улучивање аламра у случају возила која прекорачују дозвољену висину
- детекција украдених возила

- надзор саобраћаја
- статистички подаци (проток возила, брзина тока, интервали слеђења, итд.)

У Лондону је успостављена још једна додатна употреба ових система. На Tower Bridge-у, осим за мерење средње брзине преко моста, систем се користи и за детекцију возила која претоварена прелазе мост, са циљем да се спречи негативан динамички утицај на мост и на тај начин сачува ова знаменитост.

4. АНАЛИЗА ИСКУСТАВА ПОЈЕДИНИХ ЗЕМАЉА – СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

За сада Европа и Аустралија предњаче по употреби система за контролу средње брзине. Први пилот пројекти урађени су у Холандији крајем деведесетих година прошлог века, а први пројекти са пуном применом система реализовани су 2000. године у Енглеској.

Евалуације већине деоница на којима се контролише средња брзина показале су смањење просечне брзине кретања возила, најчешће до или испод прописаног ограничења брзине. За потребе овог рада издвојено је неколико примера карактеристичних по техничко-технолошкој поставци система, разлозима увођења система, месту и начину употребе, оствареним резултатима и законодавству земље у којој су инсталирани.

4.1. Холандија

Први пилот пројекат са контролом средње брзине рализован је управо у Холандији 1997. године. Данас овакви системи у Холандији постоје на већем броју деоница различите дужине и различитог ограничења брзине. Већина локација одабрана је тако да се контролише постојеће ограничење брзине, пре свега из разлога безбедности саобраћаја. Међутим, на неким деоницама, постављањем система за контролу средње брзине постављена су и нова ограничења брзине, која осим безбедности за циљ имају и смањење негативног утицаја на животну средину, односно побољшање квалитета ваздуха. Системи раде 24 часа дневно, 7 дана у недељи, што значи готово 100% шансе да ће возило које вози пребрзо бити регистровано.

Прецизни подаци о брзинама возила на овим деоницама пре инсталације система нису доступни. Такође, не постоје ни озбиљне предстудије са проценама очекиваних ефеката постављања система. Из тог разлога, за потребе овог рада, узећемо пример истраживања деноце аутопута А13.

Након што је 2002. постављен систем за контролу средње брзине, детектовано је свега 0,5% возила која возе брже од дозвољеног. Ово смањење брзине одразило се и на број саобраћајних незгода. На истој овој деоници број саобраћајних незгода смањен је за 47%. Смањен је и број настралалих лица, уз напомену да је овај број и пре и после инсталације система био исувише мали да би се могле извући валидне вредности смањења.

Годишњи трошкови система порцењују се на између 2 и 4 милиона евра. Приход од наплаћених новчаних казни за прекорачење брзине у првој години рада система био је 7 милиона евра. Информације о уштедама по основу смањења саобраћајних незогда нису доступне.

4.2. Аустрија

Занимљив пример из Аустрије је систем за контролу средње брзине инсталиран на Kaisermühlen тунелу код Беча. У питању је тунел дужине 2,3 km, са два одвојена тунела за сваки саобраћајни смер и 3-4 саобраћајне траке за сваки смер. Преко 90.000 возила дневно користи овај део пута А22, при чему су 10% тешка теретна возила. Због близине рефинерије, веома је високо учешће тешких теретних возила која превозе запаљиве течности. Ограничење брзине за путничке аутомобиле, аутобусе и мотоциклисте је 80 km/h, а за тешка теретна возила (преко 7,5 тона) је 60 km/h.

Систем за контролу средње брзине на овом тунелу инсталиран је августа 2003. године. Као сензори проласка возила постсављени су ласерски скенери који омогућавају категоризацију возила као основу за конторлу различитих ограничења брзине за различите категорије возила. Систем је направљен да ради са брзинама возила до 250 km/h и максималном протоком возила од 2 возила у секунди по саобраћајној траци.

Веома брзо по инсталацији система, возачи су почели да мењају своје навике и да се прилагођавају ограничењу брзине. Просечан возач како пунтичких возила, тако и тешких теретних возила, након инсталације система на овој локацији вози за 5 km/h спорије од ограничења брзине.

Табела 1. *Просечна брзина возила пре и после инсталације система за контролу средње брзине*

	Путнички аутомобили		**Тешка теретна возила**	
	Пре	После	Пре	После
Дан	85 km/h	75 km/h	70 km/h	55 km/h
Ноћ	95 km/h	75 km/h	75 km/h	55 km/h

Izvor: Stefan, C., Section Control – Automatic Speed Enforcement in the Kaisermühlen tunnel (Vienna A22 Motorway). KFV, 2006

Позитиван утицај на безбедност саобраћаја, можемо посматрати кроз доступне податке за четворогодишњи период пре инсталације система и двогодишњи период након инсталације система.

Табела 2. *Саобраћајне незгоде са повређеним и погинулим лицима пре и после инсталације система за контролу средње брзине*

Од	**до**	**Незгоде са страдалима**	**Погинули**	**Тешко повређени**	**Лакше повређени**
12.08.1999.	12.08.2000.	7	1	0	10
12.08.2000.	12.08.2001.	7	0	1	9
12.08.2001.	12.08.2002.	7	1	1	11
12.08.2002.	12.08.2003.	7	0	0	9
12.08.2003.	12.08.2004.	5	0	0	7
12.08.2004.	12.08.2005.	5	0	1	7

Izvor: Stefan, C., Section Control – Automatic Speed Enforcement in the Kaisermühlen tunnel (Vienna A22 Motorway). KFV, 2006

Поред смањења укупног броја саобраћајних незгода, посебно је важан позитиван утицај на тежину последица саобраћајних незгода. Посматрани период је релативно кратак да би се стекла јасна слика о ефектима инсталације система, али се продужењем овог тренда на дужи временски период након инсталације система стиче бољи утисак. На пример, у временском периоду од 10 година (колико је пројектовани радни век система) систем у овом тунелу сачуваће 5 људских живота и 28 лица од лакших телесних повреда, уз веома значајне уштеде трошкова проузрокованих саобраћајним незгодама.

Комплетна инвестиција коштала је око 1.200.000 евра. Годишњи трошкови функционисања и одржавања система износе око 60.000 евра. Само у првој години функционисања система наплаћена је 40.881 новчана казна за прекорачење брзине, уз укупан проход од 1.427.650 евра.

4.3. Велика Британија

У Великој Британији објављен је већи број евалуација деоница са контролом средње брзине у Енглеској и Шкотској. Ове студије случаја заснивају се на упоредној анализи стања на деоници три гордине пре и три године након инсталације система. Уз напомену да је истраживања објавио произвођач ових система, студије случаја показују значајна смањења броја страдалих особа, нарочито тешко повређених и погинулих лица:

- Nottinghamshire – број погинулих и тешко повређених лица смањен је у просеку за 65% на 11 путева опремљених системима за контролу средње брзине (први системи инсталирани 2000. године)
- Northamptonshire - број погинулих и тешко повређених лица смањен је за 60% на путу A43 (систем инсталиран 2001. године на деоници дужине 4 km) и 85% на путу A428 (систем инсталиран 2004. године)
- South Yorkshire - број погинулих и тешко повређених лица смањен је за 82% на путу A616 (систем инсталиран 2003. године на деоници дужине 11 km)
- Strathclyde - број погинулих и тешко повређених лица смањен је за 37% на путу A77 (системи инсталирани 2005. године на деоници дугој 51,5 km)

4.4. Аустралија

Аустралијска држава Викторија, 05. априла 2007. године, покренула је систем камера за контролу брзине од тачке до тачке на иницијалној деоници Hume аутопута који спаја Мелбурн и Сиднеј. Четири узастопне деонице дужине 8, 14, 7 и 25 км покривене су овим камерама на пет тачака (на почетку и на крају сваке од деоница) у оба смера аутопута. Камерама за контролу брзине покривене су по три саобраћајне траке (по једна камера за сваку траку), али не и зауставна трака, коју понекад користе возачи који покушавају да избегну камере. Детектори наиласка возила у коловозу служе као „окидачи“ за снимање камера. Камере су у стању да мере и тренутну брзину и тачки.

Критеријум за инсталирање система на Hume аутопуту били су релативно висок број смртних исхода и тешких повреда у саобраћајним незгодама, као и висок удео теретног саобраћаја са претећим потенцијалом за тешке повреде у незгодама. Други критеријум био је релативно мало ногућности (или подстицаја) да се возила укључују или искључују са аутопута између два места са камерама, тако да за највећи део саобраћаја средња брзина буде измерена. Још један постојећи функционални захтев у Викторији је да ограничење брзине буде исто на целој деоници између пара камера. Овај захтев повезан је са постојећим одсуством „прекршаја прекорачења просечне брзине“ у одговарајућој законској регулативи, што би могло бити коришћено за процесуирање таквих прекршаја дуж зона са више различитих ограничења брзине. Из истог разлога систем у Викторији се искључује за време снижених ограничења брзине због радова на путу.

Овај систем дневно детектује око 1000 прекршаја, што указује на степен прекршаја од 1-2% од процењених 50.000 – 100.000 возила на дан на овом аутопуту. Краће деонице имају нешто већи проценат возила у прекршају, вероватно због тога што возачи који прекорачују брзину имају мање користи од покушаја избегавања детактовања од стране система, заустављањем у току деонице или напуштањем аутопута.

5. ДИСКУСИЈА

Литература која обрађује ефективност система за контролу средње брзине возила сугерише постојање значајних доказа који показују позитиван утицај на брзину возила и број саобраћајних незгода. Посебно се то односи на смањење удела возила која крше ограничење брзине, затим на смањење просечне брзине возила у саобраћајном току и смањење варирања брзине возила у току. У том смислу, можда и највећи значај овог начина конторолe саобраћајних прекршаја је што се показао као ефективна мера за сузбијање појаве пребрзе вожње.

Студије су такође показале да се, као последица смањења брзине возила, остварују значајна смањења броја саобраћајних незгода, посебно оних са погинулим и тешко повређеним лицима. То важи чак и за пример Kaisermühlen тунела у Бечу, где је остварен напредак иако је и пре инсталације система број саобраћајних незгода био на овој деоници био знатно испод аустријског просека (0,12 незгода са страдалим лицима на један милион возило-километара на аустријским аутопутевима). Може се проценити да би овај пројекат имао још убедљивије резултате по питању безбедности саобраћаја да је систем инсталиран на деоници са већим бројем саобраћајних незгода.

Према наводима обрађених студија случаја, контрола просечне брзине такође производи и низ пратећих ефеката, укључујући равномернији саобраћајни ток, повећање протока саобраћја услед смањења варирања брзине возила и смањење саобраћајних загушења у вршним часовима. Ово повећава капацитет постојеће путне мреже и скраћује време путовања без потребе да се прошири пут или повећа број трака.

Обрађена литература даје и неке доказе о позитивном утицају контроле средње брзине возила на смањење потрошње горива и смањење смисије штетних гасова. Ипак, студије које су истраживале ове ефекте су ретке и потичу из земаља у којима је унапређење квалитета ваздуха био један од основних циљева увођења система за контролу средње брзине. Даља истраживања требало би детаљније да испутају међусобну зависност контроле средње брзине и нивоа штетних емисија возила, путем научног мерења стварних новоа емисија пре и после инсталације система, и то и у државама у којима квалитет ваздуха није био један од фундаменталних циљева инсталације система (нпр. у Аустралији).

6. ЗАКЉУЧАК

Системи за контролу средње брзине доказали су свој позитиван утицај на контролисаним деоницама (чак и на оним дугачким и по 25 километара). Са друге стране, не постоје докази о проширењу позитивног утицаја система ван ових деоница. Из тога разлога, у овом тренутку, конторлу средње брзине не треба посматрати као „чаробни штапић“, већ је користити у комбинацији са другим видовима контроле брзине, пре свега мобилним системима за конторлу тренутне брзине. Дакле, на контролу средње брзине возила не треба гледати као замену, већ као комплементаран метод постојећим системима за контролу тренутне брзине.

Такође, важно је напоменути и то да контрола средње брзине возила не би тебало да предствља трајно решење за изразито опасне деонице пута са ниским ограничењима брзине, већ привремену меру док се не изнађе адекватно инжењерско решење и прикупе средства за реконструкцију или измештање деонице.

Примери пројеката обрађених овим радом показали су низ других бенефита (повољан утицај на саобраћајни ток, смањење потрошње горива, смањење загађења ваздуха итд.), као и читав низ могућих додатних функција система (детекција украдених возила, контрола наплате путарине, итд). Такође, ови пројекти показали су пуну економску оправданост. Само од прилива средстава од наплаћених новчаних казни за саобраћајне прекршаје, инвестиција се веома брзо враћа, најчешће већ у првих годину дана рада система. Кад се на то додају још и уштеде у трошковима саобраћајних нзгода, смањење временских губитака путовања, смањење потрошње горива и смањење буке и загађења, добија се веома повољан cost/benefit однос. Приликом израде стратегије, одабира деоница и одабира конфигурације и функција система, потребно је узети у обзир све наведене аспекте, али истовремено аспекат безбедности саобраћаја задржати као доминантан критеријум.

Литература

[1] MASTER (MAnaging Speeds of Traffic on European Roads), Transport research, fourth framework programmed road transport, TRANSPORT DG – 106.

[2] SUPREME – Summary and Publication of Best Practices in Road Safety in the Member States (2007). Thematic report: enforcement.

[3] Stefan, C. (2006). Section Control – Automatic Speed Enforcement in the Kaisermühlen tunnel (Vienna A22 Motorway). Austria: Austrian Road Safety Board (KFV)

[4] Soole, David W., Watson, Barry C., & Fleiter, Judy J. (2013) Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: a review of the literature. Accident Analysis and Prevention*,* 54*,* pp. 46-56.

[5] Soole, David W., Fleiter, Judy J., & Watson, Barry C. (2013) Point-to-point speed enforcement : recommendations for better practice. In Proceedings of the 2013 Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, QLD.

[6] Cameron, M. H. (2008). Development of Strategies for Best Practice in Speed Enforcement in Western Australia. Supplementary Report. Monash University Accident Research Centre, Melbourne

[7] The Victorian Auditor-General's Office (2011). Report: Road Safety Camera Program

[8] European Transport Safety Council, Brussels (2009). Speed Fact Sheets, Section Control: towards a more efficient and better accepted enforcement of speed limits?

[9] Australian Transport Council, Canberra (2011). National Road Safety Strategy 2011-2020

[10] Collins, G. (2007b). Traffic flow improvements with average speed enforcement. Paper presented at the International Conference on Intelligent Transport Systems, Birmingham, United Kingdom.

[11] Закон о безбедности саобраћаја на путевима (2009), Службени гласник Републике Србије бр. 41/2009, 53/2010, 101/2011

[12] http://www.speedcheck.co.uk/specs.htm (27.03.2014.)

[13] http://www.redflex.com/index.php/en/products/42-rts-products/15-redflexpoint-to-point (25.03.2014.)

PROPUSTI ZA NASTANAK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U ZONI OŠTEĆENJA ODNOSNO RADOVA NA PUTEVIMA

Milan Vujanić[1]
[1] *Redovan profesor, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, vujanic@mail.com*

Tijana Ivanišević[2]
[2] *Stručni saradnik, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, tijana.ivanisevic@mail.com*

Rezime: *Povećanje intenziteta saobraćaja na putevima, na teritoriji Republike Srbije, kao i potreba za izgradnjom, održavanjem i rehabilitacijom puteva, problemi su sa kojima se svakodnevno suočavamo. Broj mesta na kojima se „izvode" radovi na putevima, na kojima su nastale prepreke, odnosno oštećenja na kolovozu kontinuirano se povećava, pa se povećava i broj rizičnih situacija u kojima se mogu naći vozači. Pored opisa problema, u radu su dati i primeri saobraćajno-tehničkog veštačenja saobraćajnih nezgoda, koje su nastale u zoni radova na putevima. Analize saobraćajnih nezgoda nastalih u zoni radova na putevima podrazumevaju definisanje propusta učesnika saobraćajnih nezgoda, što pomaže pri definisanju odgovornosti i mera za unapređenje bezbednosti saobraćaja.*

Ključne reči: *bezbednost saobraćaja, saobraćajne nezgode, zone radova na putu, oštećenja na kolovozu, posledice saobraćajnih nezgoda.*

1. UVOD

Danas, saobraćaj beleži konstantan porast što za rezultat ima izgradnju, održavanje i rehabilitaciju puteva. Uz takvo očekivanje nije prihvatljivo da „greške puta" dovode do prekida redovnog saobraćaja, stvaranja opasnih situacija, ugrožavanja bezbednosti i smanjenja protočnosti saobraćaja. „Greške puta" se mogu definisati kao svaka neočekivana i iznenadna pojava na putevima, vezane za stanje, konstrukciju i geometrijske karakteristike puta, odnosno loše stanje kolovoznog zastora (udarne rupe, pukotine, neravnine, kolotrazi itd.). Zaprljanost gazećeg sloja kolovoza (pojava ulja, blata itd.), pojava snega i/ili leda na putevima, neobezbeđene zone radova na putevima, mogu iznenaditi korisnike puteva i primorati ih na naglo reagovanje, što za posledice može imati ugrožavanje bezbednosti i drugih učesnika u saobraćaju.

U ovom radu akcenat je stavljen na stanje puteva kao uzročnika nastanka saobraćajnih nezgoda, i to na mestima na kojima se izvode radovi i na kojima se nalaze prepreke, odnosno oštećenja na kolovozu.

Uslovi puta u vidu opasnih situacija na putevima, posebno u uslovima otežanog uočavanja takvih iznenadnih i opasnih prepreka na putevima (zone radova, udarnih rupa, ulegnuća itd.) mogu imati za posledicu nastanak nezgoda. Naime, učesnici u saobraćaju nisu dužni da očekuju „greške puta" zbog kojih bi mogli biti izloženi opasnostima.

Naime, vozači vrlo često zbog pojave udarnih rupa, ulegnuća na kolovozu, neobeleženih ili neadekvatno obeleženih zona radova, kao i zbog lošeg obezbeđenja, budu prinuđeni na iznenadno reagovanje, što za posledicu može imati i gubitak upravljivosti vozila i nastanak saobraćajnih nezgoda. Vrlo često, kao uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda uzima se način reagovanja vozača. Ovakvo zaključivanje o uzroku nastanka saobraćajnih nezgoda bilo bi pogrešno i ne bi bilo u skladu sa terminom opasne situacije. Terminom opasne situacije u saobraćaju, sa aspekta saobraćajno-tehničkog veštačenja, bavili su se mnogi veštaci *(Vujanić, 2010)* i stručnjaci, ali nema precizne i važeće definicije, odnosno u literaturi se navodi samo osnovni koncept definisanja opasne situacije. Definicija opasne situacije, sa aspekta bezbednosti saobraćaja i saobraćajno-tehničkog vetačenja, je:

> *"**Opasna situacija je** saobraćajna situacija koja zahteva reagovanje bar jednog učesnika, u cilju izbegavanja nezgode" (Vujanić, 1983).*
>
> "Svaka situacija u saobraćaju, u kojoj postoji mogućnost da se putanje učesnika seku u istom trenutku, ili u kojoj bi nepromenjenim načinom kretanja jednog od učesnika moglo doći do nezgode, je **opasna situacija**" *(Vujanić, 1984).*

[2] Tijana IVANIŠEVIĆ: tijana.ivanisevic@mail.com

Analizom definicije može se zaključiti da je osnovno obeležje opasnih situacija neophodnost reagovanja bar jednog učesnika u saobraćaju, u cilju izbegavanja nastanka saobraćajnih nezgoda. Naime, reagovanje vozača na iznenadnu opasnu situaciju je posledica iznenadno stvorenih opasnih situacija, a ne posledica grešaka ili načina vožnje. Ako je reagovanje vozača uslovljeno stanjem kolovoza i nije posledica načina voznje, tada se uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda ne trazi u načinu vožnje, već isključivo u razlogu nastanka opasnih situacija.

2. NORMATIVNI OKVIR U REPUBLICI SRBIJI

Zakonskom regulativom u Republici Srbiji uspostavljen je pravni okvir za bezbedno odvijanje saobraćaja na mestima na kojima su nastale prepreke, odnosno oštećenja na kolovozu i/ili na kojima se izvode radovi na putevima. Pravni okvir čine: Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima (u daljem tekstu ZBS), Zakon o javnim putevima (u daljem tekstu ZJP) i Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji (u daljem tekstu PoSS), gde su definisane mere i odgovornosti za bezbedno odvijanje saobraćaja na mestima na kojima su nastale prepreke, odnosno oštećenja na kolovozu i/ili na mestima na kojima se izvode radovi.

2.1. Zakon o javnim putevima

Članovima 15 i 45, ZJP-a, definisana je odgovornost upravljača javnog puta koja može nastati kao rezultat neblagovremenog obavljanja radova na redovnom održavanju javnih puteva, odnosno zbog izvođenja radova u suprotnosti sa propisanim tehničkim uslovima i načinom izvođenja, kao i obaveze obavljanja poslova zaštite javnih puteva, utvrđivanja zauzeća javnih puteva, bespravnog izvođenja radova na javnim putevima i u zaštitnom pojasu itd.

> *"…Upravljač javnog puta dužan je da obezbedi trajno, neprekidno i kvalitetno održavanje i zaštitu javnog puta i da obezbedi nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja na njemu.*
> *Upravljač javnog puta odgovara za štetu koja nastane korisnicima javnog puta zbog propuštanja blagovremenog obavljanja pojedinih radova na redovnom održavanju javnog puta propisanih ovim zakonom, odnosno zbog izvođenja tih radova suprotno propisanim tehničkim uslovima I načinu njihovog izvođenja…" (ZJP, član 15.).*

> *"…Upravljač javnog puta dužan je da u obavljanju poslova zaštite javnog puta, svakodnevno sprovodi aktivnosti na utvrđivanju zauzeća javnog puta, bespravnog izvođenja radova na javnom putu i u zaštitnom pojasu i svih drugih činjenja kojima se bitno oštećuje, ili bi se mogao oštetiti javni put ili ometati odvijanje saobraćaja na javnom putu…" (ZJP, član 45).*

2.2. Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima

Članom 156, stavom 1, ZBS-a, definisane su smernice za nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja tokom celog „ciklusa" puta, odnosno od faze projekta do faze održavanja:

> *"…Putevi moraju biti projektovani, izgrađeni, rekonstruisani i održavani tako da se saobraćaj na njima može odvijati nesmetano i bezbedno i moraju ispunjavati propisane uslove …" (ZBS, član 156, stav 1).*

U nastavku člana 156, u stavu 5 navedeno je:

> *„…Redovnu kontrolu javnog puta u eksploataciji sa aspekta bezbednosti saobraćaja na putu vrši organ nadležan za poslove saobraćaja - inspektor za javne puteve. Upravljač javnog puta mora obezbediti da se, na osnovu nalaza inspektora za javne puteve, sačini projekat kojim se utvrđuju mere za bezbedno odvijanje saobraćaja na putu..." (ZBS, član 156, stav 5),*

Ovim stavom podrazumeva se da je inspektor za javne puteve nadležan za redovnu kontrolu bezbednosti javnih puteva, dok je upravljač puta dužan da omogući da se sačine projekti kojima se definišu mere za bezbedno odvijanje saobraćaja na putevima, a na osnovu datog Nalaza i mišljenja od strane inspektora za javne puteve.

Članom 154, stavom 1, ZBS-a, definisano je da, ukoliko su na putevima nastale prepreke, odnosno oštećenja ili na kojima se izvode radovi, deo puta mora biti obeležen propisanom saobraćajnom signalizacijom.

> *„… Deo puta na kome su nastale prepreke, odnosno oštećenja, koje se ne mogu odmah ukloniti, odnosno otkloniti ili na kome se izvode radovi, mora biti obeležen propisanom saobraćajnom signalizacijom, a učesnici u saobraćaju obezbeđeni postavljanjem branika…“ (ZBS, član 154, stav 1).*

Članom 154, stavom 2, ZBS-a, definisano je da za postavljanje privremene saobraćajne signalizacije moraju biti izrađeni saobraćajni projekti, čime bi se u potpunosti definisala privremena saobraćajna signalizacija koja bi bila postavljena na mestima na kojima se izvode radovi, kako učesnici u saobraćaju ne bi bili dovedeni u zabludu, kako ne bi došlo do vremenskih gubitaka, ali i ugrožavanja bezbednog i nesmetanog odvijanja saobraćaja.

> *„…Za postavljanje privremene saobraćajne signalizacije iz stava 1. ovog člana mora se izraditi saobraćajni projekat, osim u slučajevima izvođenja hitnih radova koji ne traju duže od 24 sata. Saglasnost na saobraćajni projekat daje ministarstvo, odnosno nadležni organ jedinice lokalne samouprave…“ (ZBS, član 154, stav 2).*

Za vreme radova na održavanju ili na izgradnji manjeg obima, koji ne traju duže od 24 sata, trebalo bi odmah preduzeti određene mere za otklanjanje smetnji i obezbeđivanje bezbednog odvijanja saobraćaja, a za čiju realizaciji nije neophodno izraditi posebne saobraćajne projekte.

Ukoliko prepreke i oštećenja nije moguće odmah otkloniti, upravljač puta je dužan da postavi odgovarajuću saobraćajnu signalizaciju, ali i da obezbedi mesto na kome se izvode radovi, čime bi se omogućilo bezbedno i nesmetano odvijanje saobraćaja, a što je definisano članom 154, stavom 4, ZBS-a,

> *“…Upravljač puta dužan je da obezbedi postavljanje privremene saobraćajne signalizacije na delu puta na kome su nastala oštećenja ili prepreke koje se ne mogu odmah otkloniti i da obezbedi učesnike u saobraćaju…” (ZBS, član 154, stav 4).*

Članom 154, stavom 5 definisano je da je izvođač radova dužan da saobraćajnu signalizaciju održava u propisanom stanju tokom izvođenja radova, a da nakon završetka radova istu ukloni.

> *“…Izvođač radova dužan je da pre početka radova postavi privremenu saobraćajnu signalizaciju i obezbedi mesto na kome se izvode radovi i da istu održava u propisanom stanju tokom izvođenja radova, a nakon završetka radova da istu ukloni...” (ZBS, član 154, stav 5).*

2.3. Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji

Privremena saobraćajna signalizacija definisana je PoSS, koristi se za obezbeđivanje mesta na kojima se izvode radovi i na kojima su nastale prepreke, odnosno oštećenja na kolovozu. Privremena saobraćajna signalizacija mora biti postavljena ispravno: oko, ispred i iza mesta na kome se izvode radovi. Privremena saobraćajna signalizacija ima zadatak da blagovremeno upozori vozača na opasnost, da da potrebne informacije o opasnosti, usmeri kretanje vozača, zaštiti učesnike u saobraćaju kao i radnike na mestima na kojima se izvode radovi na putevima, a sve u cilju bezbednog odvijanja saobraćaja.

Saobraćajni znakovi, oznake i oprema u zoni radova postavljaju se na osnovu projekta koji je odobren od strane ovlašćenog organa. Projekat izrađuju kvalifikovani i ovlašćeni projektanti, a što je definisano ZBS.



Slika br. 1 – Primeri saobraćajnih zakova i opreme za obeležavanje oštećenja odnosno radova na putevima

Obaveza upravljača puta je da obezbedi mogućnost bezbednog odvijanja saobraćaja na putevima. Imajući u vidu da se stalno povećava potreba za izgradnjom, održavanjem i rehabilitacijom puteva, povećava se i broj mesta (deonica) na kojima se izvode radovi i na kojima nastaju oštećenja na putevima. Izvođač radova je dužan da projektuje, postavi i nakon radova, ukloni privremenu saobraćajnu signalizaciju u cilju bezbednog odvijanja saobraćaja. Napominjemo, da je izvođač radova u obavezi da nakon uklanjanja privremene saobraćajne signalizacije, ostavi takvu signalizaciju koja omogućava da se saobraćaj bezbedno odvija na deonici na kojoj su se izvodili radovi.

Postavlja se pitanje na koje bi svaki veštak saobraćajno-tehničke struke morao da ima usaglašen i jedinstven stav: “Da li učesnici u saobraćaju imaju propuste u saobraćajnoj nezgodi do koje je došlo zbog izbegavanja odnosno pogrešnog obezbeđenja mesta izvođenja radova na putevima, oštećenja, odnosno prepreka?”

Odgovor na to pitanje se dobija sistematizacijom propusta učesnika saobraćajnih nezgoda u kojima su „greške puta“ uzročno vezane za nastanak saobraćajnih nezgoda.

3. PROPUSTI UČESNIKA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Nezgode koje su se dogodile na mestima oštećenja na kolovozu, odnosno prepreka i koje su nastale u zoni radova na putevima uzrokovane su najčešće neadekvatnim obezbeđenjem mesta na kome se izvode radovi, pogrešnim usmeravanjem vozila, prenesenom porukom i informacijom putem privremene saobraćajne signalizacije.



Slika br. 2 – Primeri lošeg regulisanja i usmeravanja saobraćaja

Iako je u Republici Srbiji definisan pravni okvir koji bi morao da obezbedi bezbedno odvijanje saobraćaja na mestima na kojima se izvode radovi na putevima i na kojima se nalaze prepreke, odnosno oštećenja na kolovozu, situacija na našim putevima ukazuje na značajne probleme (vidi Slike br. 2, br. 3 i br. 4).



Slika br. 3 – Primeri lošeg regulisanja i usmeravanja saobraćaja



Slika br. 4 – Primeri lošeg regulisanja i usmeravanja saobraćaja

Analizirajući sve kompleksnosti mogućih saobraćajnih nezgoda na mestima na kojima se izvode radovi na putevima i/ili na mestima na kojima su nastale prepreke odnosno oštećenja na kolovozu mogu se izdvojiti neke od situacija.

Uzroci saobraćajnih nezgoda mogu biti opasne situacije nastale u zoni radova na putevima, prepreka odnosno oštećenja na kolovozu zbog kojih su i nastale opasne situacije koje vozači nisu mogli blagovremeno da vide niti imali razloga da očekuju. Mozemo smatrati da su takve okolnosti, u kojima su nastale opasne situacije, u stvari uzroci nastanka saobraćajnih nezgoda. Po pravilu u tuzilaštvu se ne prihvata da su „greške puta“ uzroci nastanka saobraćajnih nezgoda, pa je uobičajeno dizanje optužnice protiv učesnika saobraćajnih nezgoda u takvim okolnostima.

Na osnovu detaljne i uporedne analize materijalnih elemenata iz Spisa, Sud može ceniti uticaj više propusta:

- Propusti koji su u vezi sa stvaranjem opasnih situacija i nastankom saobraćajnih nezgoda,
- Propusti koji su u vezi sa težinom posledica i
- Propust koji su u vezi sa mogućnošću izbegavanja saobraćajnih nezgoda.

Veštak stručnim postupcima, preciznim i pouzdanim Nalazom, identifikovanjem propusta i stručnim mišljenjem, doprinosi da stav Suda bude ispravan.

Dakle, u slučaju neobeležavanja ili neadekvatnog obeležavanja zone radova na putevima i/ili prepreka, odnosno oštećenja na kolovozu, na strani odgovornih lica i organizacija zaduženih za održavanje tih deonica bio bi propust uzročno vezan za nastanak saobraćajnih nezgoda.

Takođe, na strani nadležnog OUP-a stajali bi propusti vezani za nastanak saobraćajnih nezgoda ako bi nadležni organi trebalo da uoče nedostatke, odnosno blagovremeno bili upozoreni na nastanak opasnosti na putevima. Tada bi morali da preduzmu, bez odlaganja, aktivnosti usmerene na otklanjanje uočenih ili javljenih opasnih situacija.

Na strani vozača u prethodno opisanim okolnostima ne bi bilo propusta vezanih za nastanak saobraćajnih nezgoda. Na strani vozača međutim, trazili bismo propuste eventualno vezane za mogućnost izbegavanja saobraćajnih nezgoda. Naime, učesnici u saobraćaju su dužni da preduzmu sve mere u cilju izbegavanja saobraćajnih nezgoda.

Propust vozaca za nastanak saobraćajnih nezgoda bi eventualno mogao postojati, a što je redak slučaj, ako bi vozači prilikom nastanka nezgoda upravljali većom brzinom od bezbedne ili dozvoljene, a nezgoda bi mogla biti izbegnuta voznjom bezbednom brzinom odnosno brzinom ograničenom na tom delu puta.

Ukoliko bi saobraćajne nezgode nastale kao posledica opasnih situacija u koje su vozači doveden usled pogresnog vođenja saobraćaja, prenesene poruke odnosno informacije dobijene privremenom signalizacijom odnosno neblagovremenog obaveštavanja učesnika u saobraćaju o stanju kolovoza, preprekama odnosno zonama izvođenja radova na putevima, propusti za nastanak opasnih situacija i nezgoda trebalo bi tražiti kod upravljača puteva, odgovornih projektanata, odnosno izvođača radova, nadzora i kontrole, a što je propisano propisima vezanim za bezbednost saobraćaja.

Pravilno utvrđivanje načina nastanka opasnih situacija je bitno za utvrđivanje propusta i doprinosa za nastanak saobraćajnih nezgoda, u postupku izrade saobraćajno-tehničkih veštačenja.

4. PRIMERI EKSPERTIZA GDE JE "GREŠKA PUTA" UZROK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

U radu su analizirani i prikazani karakteristični primeri Ekspertiza saobraćajnih nezgoda, izrađenih na Institutu Saobraćajnog fakulteta u Beogradu, u kojima su propusti odgovornih radnih organizacija i odgovornih lica, uzročno vezani za stvaranje opasnih situacija i nastanak saobraćajnih nezgoda.

4.1. Primeri ekspertiza saobraćajnih nezgoda koje su nastale na mestima na kojima su se izvodili radovi na putevima

4.1.1. Primer br. 1

„…Analizom svih okolnosti pod kojim je nastala ova saobraćajna nezgoda mišljenja smo da je nezgoda nastala kao posledica gubitka stabilnosti i upravljivosti OPEL-a, što je za posledicu imalo silazak OPEL-a sa kolovoza, udar u zid i pad u dvorište koje se nalazilo ispod nivoa kolovoza…".

„…Imajući u vidu navode vozača OPEL-a "...ja sam odmah preduzeo radnju da izbegnem kontakt sa tom gomilom. Naglo sam skrenuo ulevo, da sam blagovremeno uočio gomilu ja bih se verovatno i uredno prestrojio u levu traku. U tom momentu je naišlo vozilo iz pravca Rajčilovci, bilo je dosta blizu ne mogu da ocenim tačno koliko, ali taman dovoljno da se vratim u svoju desnu traku gledajući u pravcu mog kretanja, naglo desno skrenuvši..." i položaj i izgled radova na kolovozu (gomile zemlje i kamenja) nalazimo da je do gubitka stabilnosti i upravljivosti OPEL-a došlo usled izbegavanja prepreke na saobraćajnoj traci kojom se OPEL kretao, a što je uzročno vezano za nastanak ove saobraćajne nezgode...".



Slika br. 5 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

„…Ostavljanje gradilišta bez nadzora, bez obeležavanja i označavanja radova na kolovozu (a to se izvodi postavljanjem propisane saobraćajne signalizacije, koja bi blagovremeno upozoravala i najavljivala učesnicima u saobraćaju da se na kolovozu izvode radovi), bi bio propust odgovorne radne organizacije i odgovornog lica, uzročno vezani za stvaranje opasne situacije i nastanak ove saobraćajne nezgode, po našem mišljenju…" .



Slika br. 6 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

„…Naime, neobeležavanjem zone radova na kolovozu stvorena je neuočljiva, iznenadna, opasna i neočekivana prepreka na saobraćajnoj traci kojom se OPEL kretao, a što je za posledicu imalo stvaranje opasne situacije vozaču OPEL-a i nastanak ove saobraćajne nezgode…“.



Slika br. 7 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

4.1.2. Primer br. 2

„…Analizirajući sve okolnosti pod kojima se dogodila ova saobraćajna nezgoda, napominjemo da se saobraćajno-tehničkim veštačenjem ne može utvrditi da li je vozilo "sa svetlosnom signalizacijom" bilo zaustavljeno na voznoj saobraćajnoj traci ili se "uključivalo u saobraćaj" iz zaustavne trake u preticajnu saobraćajnu traku neposredno pre destabilizacije PEUGEOT-a, a što će utvrditi Sud na osnovu drugih materijalnih dokaza…“.



Slika br. 8 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

„…Ukoliko je vozilo "sa svetlosnom signalizacijom" bilo zaustavljeno na voznoj saobraćajnoj traci, tada bi vozač PEUGEOT-a imao mogućnost da blagovremeno uoči vozilo "sa svetlosnom signalizacijom" te da blagovremenim reagovanjem bezbedno prođe pored zaustavljenog vozila "sa svetlosnom signalizacijom", pa bi u tom slučaju na strani vozača PEUGEOT-a stajao propust uzročno vezan za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode, po našem mišljenju...“.

„…U tom slučaju razlog destabilizacije PEUGEOT-a se ne bi mogao utvrditi saobraćajno-tehničkim veštačenjem, pa bi to Sud utvrdio na osnovu drugih dokaza, a mogao bi nastati kao posledica nepažnje, pogrešne procene, greške u upravljanju ili nekog drugog sličnog razloga ili u sadejstvu više razloga istovremeno, po našem mišljenju… “.

„…Radovi na redovnom održavanju vozne saobraćajne trake auto-puta nisu bili obezbeđeni u skladu sa Tehničkim uputstvom za označavanje i obezbeđivanje radova na auto-putu, a što bi bio propust Organizacije zadužene za održavanje i/ili odgovornog lica, takođe uzročno vezan za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode, po našem mišljenju…“.

„…Ukoliko bi "uključivanje u saobraćaj" iz zaustavne trake u preticajnu saobraćajnu traku od strane vozača vozila "sa svetlosnom signalizacijom" predstavljalo iznenadno stvorenu opasnu i pokretnu prepreku na

putanji kretanja PEUGEOT, tada bi na strani vozača vozila "sa svetlosnom signalizacijom" stajao propust uzročno vezan za stvaranje opasne situacije i nastanak ove saobraćajne nezgode, po našem mišljenju…“.



Slika br. 9 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

„…Na strani pešaka nismo našli propuste vezane za ovu saobraćajnu nezgodu…“.



Slika br. 10 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

4.2. Primeri ekspertiza saobraćajnih nezgoda nastalih zbog prepreke odnosno oštećenja na kolovozu

4.2.1. Primer br. 1

„…Na osnovu analize položaja, veličine i dubine "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja" na desnoj polovini kolovoza, našli smo da je "udarna rupa-neobezbeđeno šaht udubljenje" mogla biti razlog gubitka stabilnosti i pada vozača bicikla…“

„…Imajući u vidu položaj, veličinu i dubinu "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja" na desnoj polovini kolovoza mišljenja smo da bi gubitak stabilnosti bicikla mogao nastati pre i/ili na početku i/ili na nakon početka "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja". S obzirom na to, saobraćajno-tehničkim veštačenjem se ne može utvrditi mesto gubitka stabilnosti bicikla…“

„…Analizom svih okolnosti pod kojima se dogodila ova saobraćajna nezgoda mišljenja smo da je do gubitka stabilnosti i pada bicikliste moglo doći zbog "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja" na desnoj polovini kolovoza. S obzirom na to, po našem mišljenju, na strani upravljača puta i odgovornog lica upravljača puta, na ovoj deonici puta, bi stajali propusti uzročno vezani za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode, a kao posledica ne saniranja "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja" i/ili kao posledica ne postavljanja odgovarajuće signalizacije kojom bi obavestili učesnike u saobraćaju na mogućnost pojave "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja". Naime, upravljač puta i/ili odgovorno lice upravljača puta, na ovoj deonici puta, su bili dužni da saniraju "udarnu rupu-neobezbeđeno šaht udubljenje" i/ili da odgovarajućom signalizacijom obaveste učesnike u saobraćaju na postojanje "udarne rupe-neobezbeđenog šaht udubljenja" na kolovozu čime se moglo izbeći stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode, po našem mišljenju...“

„…Na osnovu analize raspoložive dokumentacije iz Spisa nije moguće utvrditi da li bi i na strani bicikliste stajali propusti vezani za mogućnost izbegavanja ove nezgode…“



Slika br. 11 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

4.2.2. Primer br. 2

„...Ovako intenzivna i nagla promena u toku vožnje, po našem mišljenju, mogla je dovesti do gubitka kontrole vozača nad upravljanjem YUGA. Nakon prelaska YUGA preko rupe na kolovozu, zbog gubitka pritiska vazduha u pneumatiku zadnjeg levog točka i pucanja zadnjeg levog oscilujućeg ramena, mišljenja smo da je upravljivost YUGA bila značajno smanjena i da je YUGO imao tendenciju skretanja zadnjeg kraja u levu stranu...”

“…Nakon prelaska YUGA preko rupe na kolovozu došlo je do destabilizacije kretanja YUGA po kolovozu, pri čemu je YUGO zadnjim delom desne bočne strane udario u zadnji deo leve bočne strane parkiranog PEUGEOT-a. U trenutku sudara sa PEUGEOT-om YUGO je čeonim delom bio usmeren ka levoj ivici kolovoza, gde je i nastavio kretanje...”

„...Na osnovu analize oštećenja YUGA nalazimo da je YUGO levom bočnom stranom (u liniji srednjeg stuba) udario u banderu na trotoaru sa leve strane kolovoza. Pre udara u banderu, YUGO je levom bočnom stranom udario u pešake koji su stajali u blizini ivice kolovoza. U trenutku udara u pešake, kao i pri udaru u banderu, YUGO se nalazio u zanošenju, sa čeonim delom usmerenim ka desnoj ivici kolovoza, tako da je i posle udara u banderu nastavio kretanje ka desnoj ivici kolovoza i prednjim desnim ćoškom udario u prednja leva vrata parkiranog BMW-a...”



Slika br. 12 – Primer ekspertize saobraćajne nezgode

„...Na osnovu analize svih okolnosti nastanka ove saobraćajne nezgode, mišljenja smo da je postojanje neobezbeđene, velike i teško uočljive udarne rupe, sa relativno oštrim ivicama, na kolovozu uzročno vezano za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode. Naime, rupa na kolovozu je za vozača YUGA predstavljala iznenadnu i blisku opasnu prepreku, koju vozač, po našem mišljenju, nije imao razloga da očekuje, a dovela je do gubitka kontrole nad upravljanjem YUGA od strane vozača. Zbog toga smo mišljenja

da je rupa na kolovozu, do asfaltiranja, trebalo da bude sanirana (tamponirana šljunkom ili sličnim materijalom) i jasno obeležena, što ovde nije bio slučaj...".

"...Na osnovu detaljne analize svih okolnosti nastanka ove nezgode, mišljenja smo da je opasna situacija nastala kao posledica postojanja prepreke na kolovozu ulice xxxx xxxxxx, u vidu nezaštićene i neobeležene rupe na kolovozu..."

„...Rupa na kolovozu je iskopana od strane JKP "xxxx xxxxxx", tamponirana rizlom a zatim je obavešten JKP "xxxxxxx" o potrebi asfaltiranja dela kolovoza koji je raskopan..."

„...JKP "xxxxxxxx" je xx.xx.xxxx.godine uputilo JKP-u "xxxxxx xxxxx" Predračun radova za asfaltiranje rupe u ulici xxxxxxx. Kako nije došlo do sklapanja Ugovora između JKP "xxxxxx" i JKP "xxxxx xxxx" to je oštećeni deo kolovoza ostao nezaštićen i neobeležen od xx.xx.xxxx.godine (Zapisnik o glavnom pretresu K-xxxx/xx od xx.xx.xxxx.godine, po izjavi svedoka xxxxx xxxxx)..."

„...Imajući u vidu da se nezgoda dogodila xx.xx.xxxx.godine mišljenja smo da je propustom JKP "xxxx xxxxx" došlo do napuštanja nadzora nad saniranjem rupe na bezbedan način, sve do preuzimanja brige nad saniranjem i asfaltiranjem rupe od strane druge radne organizacije. Ovaj propust odgovornog lica i JKP "xxxxx xxxxxx", po našem mišljenju, bio je uzročno vezan za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode..."

„...Opasnu situaciju stvorenu od strane JKP "xxxx xxxxxx" napuštanjem neobezbeđene rupe na kolovozu, nisu sprečili xxxxx za uređenje gradskog građevinskog zemljišta, JKP "xxxx" i nadležni OUP, pa bi po našem mišljenju na strani odgovornih lica i xxxx za uređenje gradskog građevinskog zemljišta, JKP "xxxx" i OUP-a, stajao propust takođe uzročno vezan za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode..."

„...Na strani vozača YUGA nismo našli propuste uzročno vezane za stvaranje opasne situacije i nastanak ove nezgode..."

5. ZAKLJUČAK

Uslovi puta u vidu opasnih situacija na putevima, posebno u uslovima otežanog uočavanja iznenadnih i opasnih prepreka na putevima (zone radova, udarnih rupa, ulegnuća itd.) mogu imati za posledicu nastanak nezgoda. Naime, učesnici u saobraćaju nisu dužni da očekuju „greške puta" zbog kojih bi mogli biti izloženi opasnostima.

Vozači vrlo često zbog pojave udarnih rupa, ulegnuća na kolovozu, neobeleženih ili neadekvatno obeleženih zona radova, kao i zbog lošeg obezbeđenja, budu prinuđeni na iznenadno reagovanje, što za posledicu može imati i gubitak upravljivosti vozila i nastanak saobraćajnih nezgoda. Vrlo često, kao uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda uzima se način reagovanja vozača. Ovakvo zaključivanje o uzroku nastanka saobraćajnih nezgoda bilo bi pogrešno i ne bi bilo u skladu sa terminom opasne situacije.

Uzroci saobraćajnih nezgoda mogu biti opasne situacije nastale u zoni radova na putevima, prepreka odnosno oštećenja na kolovozu zbog kojih su i nastale opasne situacije koje vozači nisu mogli blagovremeno da vide niti imali razloga da očekuju. Mozemo smatrati da su takve okolnosti, u kojima su nastale opasne situacije, u stvari uzroci nastanka saobraćajnih nezgoda.

Postavlja se pitanje na koje bi svaki veštak saobraćajno-tehničke struke morao da ima usaglašen i jedinstven stav: "Da li učesnici u saobraćaju imaju propuste u saobraćajnoj nezgodi do koje je došlo zbog izbegavanja odnosno pogrešnog obezbeđenja mesta izvođenja radova na putevima, oštećenja, odnosno prepreka?" Odgovor na postavljeno pitanje se dobija sistematizacijom propusta u kojima su „greške puta" uzročno vezane za nastanak saobraćajnih nezgoda.

Ukoliko bi saobraćajne nezgode nastale kao posledica opasnih situacija u koje su vozači doveden usled pogresnog vođenja saobraćaja, prenesene poruke odnosno informacije dobijene privremenom signalizacijom odnosno neblagovremenog obaveštavanja učesnika u saobraćaju o stanju kolovoza, preprekama odnosno zonama izvođenja radova na putevima, propusti za nastanak opasnih situacija i nezgoda trebalo bi tražiti kod upravljača puteva, odgovornih projektanata, odnosno izvođača radova, nadzora i kontrole, a što je propisano propisima vezanim za bezbednost saobraćaja.

U slučaju neobeležavanja ili neadekvatnog obeležavanja zone radova na putevima i/ili prepreka, odnosno oštećenja na kolovozu, na strani odgovornih lica i organizacija zaduženih za održavanje deonica bio bi propust uzročno vezan za nastanak saobraćajnih nezgoda.

Na strani nadležnog OUP-a stajali bi propusti vezani za nastanak saobraćajnih nezgoda ako bi nadležni organi trebalo da uoče nedostatke, odnosno blagovremeno bili upozoreni na nastanak opasnosti na putevima. Tada bi morali da preduzmu, bez odlaganja, aktivnosti usmerene na otklanjanje uočenih ili javljenih opasnih situacija.

U prethodno opisanim okolnostima, na strani vozača ne bi bilo propusta vezanih za nastanak saobraćajnih nezgoda. Propust vozaca za nastanak saobraćajnih nezgoda bi eventualno mogao postojati, a što je redak slučaj, ako bi vozači prilikom nastanka nezgode upravljali većom brzinom od bezbedne ili dozvoljene, a nezgoda bi mogla biti izbegnuta voznjom bezbednom brzinom odnosno brzinom ograničenom na tom delu puta.

Identifikovanje uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda, predstavlja jedan od najvažnijih koraka u definisanju problema i preduzimanju određenih mera i prioriteta, u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja u zoni radova na putevima.

6. LITERATURA

[1] Vujanić, M.; Beograd. 1983. Definisanje metodologije izrade vremensko- prostorne analize saobraćajne nezgode tipa pešak-automobil sa posebnim osvrtom na nezgode ovog tipa u uslovima slobodnog i normalnog toka u zoni stajališta JMP-a. Magistarski rad.

[2] Vujanić, M.; Zagreb. 1984. Kinetičke analize saobraćajnih nezgoda. Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti.

[3] Bai, Y., Finger, K., Li, Y.; Analyzing motorists responses to temporary signage in highway work zones, Journal Safety Science 48 (2010): 215-221.

[4] Ha, T.J., Nemeth, Z.A.; Detailed study of accident experience in construction and maintenance zones, Transportation Research Record 1509 (1995): 38–45.

[5] Rouphail, N.M., Yang, Z.S., Fazio, J.; Comparative study of short- and long-term urban freeway work zones, Transportation Research Record 1163, Transportation Research Board, Washington, DC(1988.): 4–14.

[6] Ullman, G.L., Ullman, B.R., Finley, M.D.; Analysis of crashes at active night work zones in Texas. In: Proceedings of the TRB 85th Annual Meeting, CDR-OM, National Research Council, Washington, DC (2006).

[7] Weng, J., Meng, Q.; Analysis of driver casualty risk for different work zone Types, Accident Analysis and Prevention, (2011.): 10.1016/j.aap.2011.04.016

[8] Vujanić, M., Okanović. D., Božović. M.; (2010) – Nastanak opasne situacije, pojam i definisanje graničnih slučajeva. IX simpozijum „Opasna situacija i verodostojnost nastanka saobraćajne nezgode (prevare u osiguranju)“.

[9] Kostić, B., Ivanišević. T.; (2012) – Veštačenje i identifikovanje propusta učesnika u saobraćajnoj nezgodi, XII simpozijum „Veštačenje saobraćajnih nezgoda I prevare u osiguranju”.

[10] Ivanišević. T., Petrović T.; (2012) – Saobraćajne nezgode u zoni radova na putu, XII simpozijum „Veštačenje saobraćajnih nezgoda I prevare u osiguranju”.

[11] Marković N., Pešić D.; (2012) – Opasna situacija i nastanak saobraćajne nezgode, XII simpozijum „Veštačenje saobraćajnih nezgoda I prevare u osiguranju”.

[12] Cvetanović. A., Banić B. 2008. Priručnik za radnike iz puteva. Akademska misao. Beograd

[13] Tehnička preporuka za označavanje radova na putu, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1992.

[14] Primeri ekspertiza saobraćajnih nezgoda, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd.

[15] ZAKON O BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA, "Sluzbeni glasnik RS", broj 41/09.

[16] ZAKON O IZMENAMA I DOPUNAMA ZAKONA O BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA, "Sluzbeni glasnik RS", broj 53/10.

[17] ZAKON O JAVNIM PUTEVIMA, "Службени гласник РС", 101/2005, 123/2007

[18] PRAVILNIK O SAOBRAĆAJNOJ SIGNALIZACIJI, "Службени гласник РС", број 41/09.

ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA DELU OBILAZNICE DOBANOVAČKA PETLJA – OSTRUŽNICA, U PERIODU 2012-2013.

Boris Antić[1], Zlatko Belencan[2], Dragan Lončarević[3], Nenad Marković[4]
[1]*Saobraćajni fakultet u Beogradu, b.antic@sf.bg.ac.rs*
[2]MUP republike Srbije, PU – Beograd, zlatkobelencan@gmail.com
[3]MUP republike Srbije, PU – Beograd, loncarevic.dragan@gmail.com
[4]*Saobraćajni fakultet u Beogradu, n.markovic@sf.bg.ac.rs*

Rezime: Metod nezavisne ocene (dubinska analiza saobraćajnih nezgoda) je najpouzdaniji način za utvrđivanje eventualnog doprinosa puta nastanku saobraćajne nezgode. Imajući u vidu mogućnosti ove analize Zakonodavac je i predvideo obavezu upravljača puta da za saobraćajne nezgode sa poginulim licima, obavezno mora izvršiti dubinsku analizu te saobraćajne nezgode. Na ovaj način upravljač puta, a i sve zainteresovane strane obezbeđuju najkvalitetniji materijal kojim je moguće utvrditi ili isključiti uticaj puta na nastanak konkretne saobraćajne nezgode. Sprovođenje ovakvih analiza omogućava sveobuhvatno i stručno sagledavanje svih uslova i okolnosti nastanka nezgode, a time i prepoznavanje sličnosti između uzroka nastalih nezgoda na nekom području i definisanje tih uzroka. Na ovaj način moguće je prepoznati postojanje određenih nedostataka puta koji na nekom području doprinose nastanku nezgoda.

Ključne reči: Bezbednost saobraćaja, Put, Saobraćajne nezgode, Metod nezavisne ocene (dubinska analiza).

1. UVOD

Praćenje i analiza saobraćajnih nezgoda predstavlja jedan od metoda za pouzdano utvrđivanje stanja bezbednosti saobraćaja ne određenom području. Permanentnim praćenjem i analizom saobraćajnih nezgoda utvđuju se zakonitosti i trendovi koji vladaju na posmatranom području, a koji utiču na stanje saobraćajnog sistema. Posmatranjem dobijenih trendova, upravljač puta ima mogućnost da planira određene mere za unapređenje sistema, a na osnovu projektovanih stanja na osnovu utvrđenih zakonitosti i trendova kretanja broja saobraćajnih nezgoda i posledica. Na ovaj način se na osnovu prethodnih stanja može sagledati trenutno stanje saobraćajnog sistema i proceniti buduće stanje, a na koje je moguće kvalitetno preventivno delovati, tek onda kada se ima adekvatna i kvalitetna analiza postojećeg i prethodnog stanja. Za kvalitetnu analizu postojećeg stanja najbolji pokazatelji su analize saobraćajnih nezgoda u fenomenološkom i etiološkom smislu. Najćešće je primenjena fenomenološka analiza, koja se može relativno lako i brzo sprovesti, a na osnovu koje se mogu izvući opšti trendovi broja nezgoda i osnovne karakteristike.

Fenomenološkom analizom saobraćajnih mezgoda se utvđuju opšte karakteristike saobraćajnih nezgoda na nekom području, njihov broj, karakteristike, posledice, pojavni oblici i sl. Na osnovu ovakvih analiza utvrđeni su periodi godine, nedelje odnosno meseca, kada je povećan broj saobraćajnih nezgoda ili povećano stradanje u saobraćaju. Takođe se ovom analizom uočavaju razlike u pojedinim periodima godine, nedelje odnosno dana kada su učesnici u saobraćaju ugroženiji u odnosu na druge, tako da se ovom analizom mogu uočiti osnovna obeležja stanja bezbednosti saobraćajnog sistema na posmatranom području.

Etiološkom analizom saobraćajnih nezgoda se podrobnije (dublje) analiziraju uzroci i okolnosti pod kojima je nastala svaka od posmatranih saobraćajnih nezgoda i za razliku od fenomenološke analize ona daje detaljne uzroke i okolnosti nastanka saobraćajne nezgode. Najčešći i najopštiji vid etiološke analize saobraćajnih nezgoda je i metod nezavisne ocene (dubinska analiza), kojom se saobraćajna nezgoda detaljno analizira od strane tima stručnjaka i saobraćajno-tehničkih veštaka, koji utvrđuju uzroke i okolnosti nastanka nezgode, kao i eventualne doprinose puta na nastanak konkretne nezgode. Ovom analizom se za razliku od prethodne analize koja je davala opšte zakonitosti i trendove broja saobraćajnih nezgoda i posledica, prepoznala mesece, dane i periode dana sa povećanom ugroženošću učesnika u saobraćaju, daju detaljni podaci o stvarnim uzrocima saobraćajnih nezgoda i to na najdetaljnijem nivou, a ne na nivou zakonitosti i trendova.

---

[4] asis. Nenad Marković, dipl. inž. saobraćaja, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, n.markovic@sf.bg.ac.rs

Na ovaj način se dobijaju realni uzroci saobraćajnih nezgoda, koji omogućavaju upravljaču puta da preduzme kvalitetne i konkretne mere za uočeni problem i na taj način poveća bezbednost saobraćaja na posmatranoj lokaciji.

2. METOD

Za potrebe ovog rada izvršena je analiza saobraćajnih nezgoda na delu obilaznice oko Beograda, i to delu od Dobanovačke petlje do Ostružnice, u periodu 2012 - 2013, kako bi na osnovu fenomenološke analize saobraćajnih nezgoda bilo sagledano trenutno stanje bezbednosti na tom delu obilaznice. Takođe je dat i etiološki prikaz jedne saobraćajne nezgode u kojoj je put, odnosno stanje kolovoza imalo uticaja na nastanak saobraćajne nezogde.

Analizom broja saobraćajnih nezgoda u prethodnom periodu na posmatranoj deonici puta uočeno je povećanje broja saobraćajnih nezgoda (vidi Tabelu 1), kao i posledica nezgoda, a što je ukazalo na potrebu sprovođenja detaljnije analize uzroka i okolnosti nastanka tih nezgoda. Značajan podatak za neophodnost sprovođenja ovakve analize je i pojava većeg broja vozila stranih registracionih oznaka na ovom delu putne mreže, kao učesnika saobraćajnih nezgoda.

Tabela 1 *Broj saobraćajnih nezgoda*

SN i posledice	2012	2013	Ukupno	% (2013/2012)
Ukupno SN	17	29	46	170,6%
SN sa poginulim	1	3	4	300,0%
SN sa povređenim	16	26	42	162,5%
Nastradalo	35	66	101	188,6%
Poginulo	2	3	5	150,0%
Ukupno povređeno	33	63	96	190,9%
TTP	11	16	27	145,5%
LTP	22	47	69	213,6%

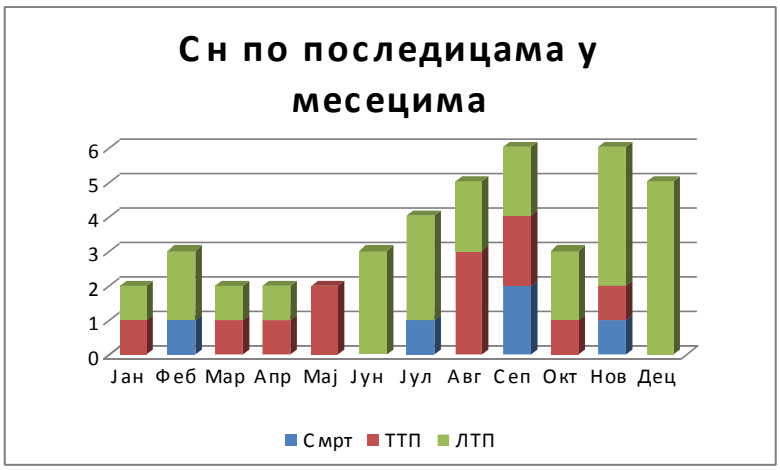
Izvor: (JIS MUP)

Podaci o ukupnom broju saobraćajnih nezgoda i posledicama nastalih nezgoda su prikupljeni iz jedinstvenog informacionog sistema (JIS) mupa, u kome se nalaze najvažnija obeležja saobraćajnih nezgoda. Osim podataka iz JIS-a, prikupljeni su u podaci sa uviđaja saobraćajnih nezgoda, kako bi se što kvalitetnije sagledale sve okolnosti nastanka saobraćajnih nezgoda i upotpunili podaci iz JIS baze. Nakon analize navedenih podataka i dobijanja osnovnih pokazatelja nastanka saobraćajnih nezgoda, izvršeno je terensko istraživanje lokacija svih nstalih saobraćajnih nezgoda u posmatranom periodu. Ovim terenskim istraživanjem su analizirani uslovi saobraćaja i stanje infrastrukture, koje bi eventualno imalo uticaja na nastanak saobraćajnih nezgoda.

Ovakvom analizom prikupljeni su podaci o svim saobraćajnim nezgoda nastalim u posmatranom periodu na navedenoj deonici, a koji su detaljno analizirani i međusobno poređeni. Takođe, su proverom na terenu sagledani ostali mogući uticaji puta i putne okoline na nastanak saobraćajne nezgode i data celovita analiza, kojom je na stručan način izvršeno utvrđivanje pravih uzroka saobraćajnih nezgoda.

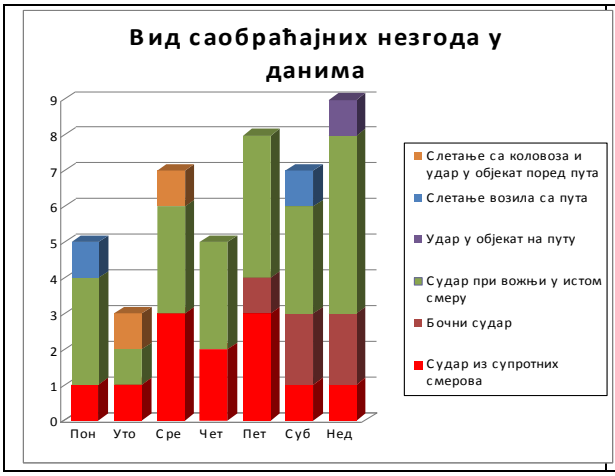
3. REZULTATI

Analizom podataka o saobraćajnim nezgoda dobijena je vremenska i prostorna raspodela, na osnovu koji su uoučeni najnebezbedniji periodi na posmatranom delu mreže. Kao najnebezbedniji mesec u toku godine izdvojio se septembar, sa najvećim brojem saobraćajnih nezgoda, a i sa najvećim brojem poginulih. Decembar i jul su meseci sa najvecim brojem nezogda sa lakim povredama. Samo na osnovu ovakve analize nije moguće proveriti eventualno postojanje uticaja puta na nastanak ovih saobraćajnih nezgoda, zbog čega su vršene dalje analize i sprovedeno terensko istraživanje. Daljom analizom podataka o saobraćajnim nezgodama, uočeni su dani vikenda (petak, subota, nedelja) kao dani sa povećanim brojem saobraćajnih nezgoda.



Slika 1 *Raspodela saobraćajnih nezgoda*

Nedeljnom analizom broja saobraćajnih nezgoda je uočeno da dani vikenda, odnosno početka vikenda, su dani sa povećanim brojem saobraćajnih nezgoda, a što odgovara i povećanju protoka saobraćaja tim danima, jer obilaznica indukuje veći broj vozila tim danima zbog tranzitnog saobraćaja. Poređenjem nedeljne raspodele i činjenice da je uočena pojava većeg broja nezgoda sa učešćem vozila inostrane registracione oznake, jasno je da je povećana ugroženost vozila u tranzitu i da je neophodno preduzeti mere ka ovim učesnicima.



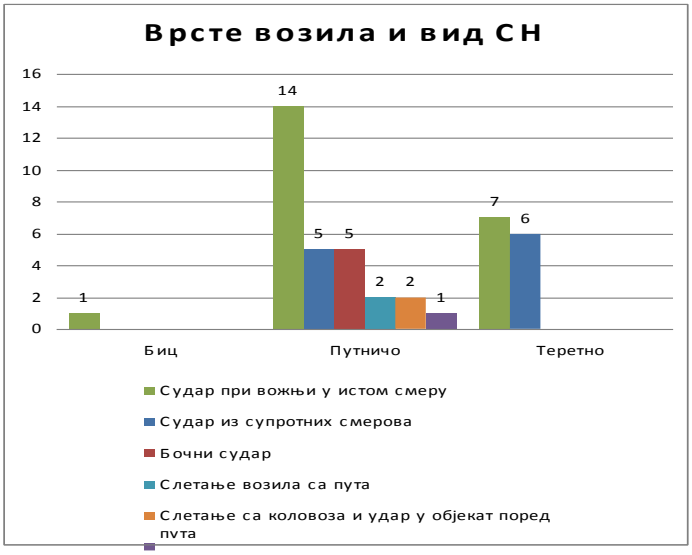
Slika 2 *Vid saobraćajnih nezgoda*



Slika 3 *Vremenska distribucija saobraćajnih nezgoda*

Analizom načina nastanka saobraćajnih nezgoda, uočeno je da najveći broj nezgoda nastaje pri vožnji u istom smeru, odnosno u sustizanju vozila. Zatim je značajan i broj saobraćajnih nezgoda nastalih pri vožnji iz suprotnih smerova, kao i "sletanje" (gubitak stabilnosti vozila i isklizavanje) sa kolovoza. Značajan broj nezgoda koje su posledica isklizavanja vozila sa kolovoza je ukazala na potrebu detaljne analize tih nezgoda kako bi se utvrdio eventualni uticaj puta na nastanak nezgode. Takođe i pojava velikog broja nezgoda nastalih u sustizanju može ukazati na eventualni uticaj puta, jer za otvorenu deonicu puta, kakva je obilaznica nije karakteristično sustizanje vozila.

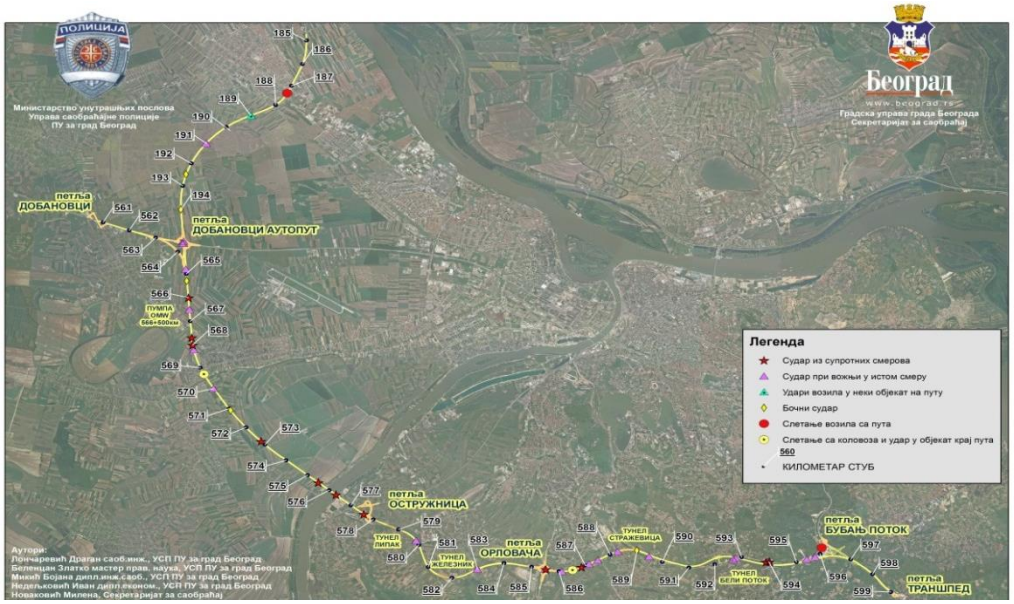
Časovna distribucija saobraćajnih nezgoda ukazuje na postojanje tri perioda u toku dana u kojim se događa najveći broj saobraćajnih nezgoda, i to su periodi od 6-9, 13-15 i 18-20 časova. Analizom navedenih perioda nije moguće utvrditi značajnu vezu ovih perioda sa saobraćajnim opterećenjem i poznatim vršnim periodima sa najvećim opterećenjem i brojem nezgoda. Uporednom analizom tipa saoobraćajnih nezgoda i doba dana kada nastaje najveći broj nezgoda moguće je zaključiti da se nezgode događaju u periodu smanjene vidljivosti, odnosno periodu prelaza dnevne u noćnu vidljivost, a što odgovara najvećem broju nezgoda u sustizanju jer se sustignute prepreke neblagovremeno uočavaju. Analizom prema kategorijama učesnika saobraćajnih nezgoda u posmatranom periodu uočeno je da i kod putničkih i kod teretnih vozila, najveći broj nezgoda nastaje pri vožnji u istom smeru i pri vožnji iz suprotnih smerova, dok se kod putničkih vozila javljaju i ostali tipovi saobraćajnih nezgoda (Vidi Sliku 4).



Slika 4 *Raspodela saobraćajnih nezgoda prema vrsti i tipu*

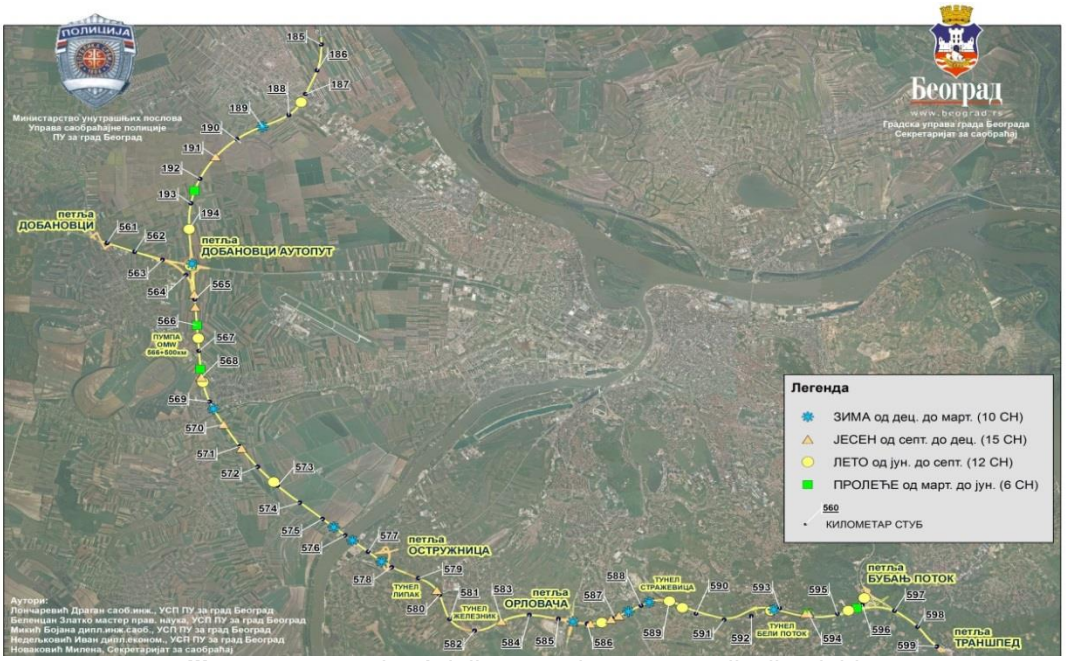
U cilju pouzdanog utvrđivanja uticaja puta na nastanak saobraćajne nezgode izvršeno je geokodiranje mesta saobraćajnih nezgoda. Najpre je geokodiran kilometar stub koji je korišćen za prepoznavanje mesta nezgode, a zatim na osnovu uviđajne dokumentacije i mesto nezgode, a za šta su korišćeni GIS alati. Ovakvom analizom su dobijene pregledne mape na kojima se mogu uočiti opasna mesta i opasne deonice na obilaznici. Na osnovu ovakve analize prepoznate su dve opasne deonice i to deonica od 565 do 571 km stuba i deonica od 586 do 588 km stuba.

Na osnovu rapoloživih podataka i izvršenih analaliza izvršeno je georeferenciranje saobraćajnih nezgoda prema vrsti i tipu nezgoda, a što je prikazano na Slici 5. Na prikazanoj mapi moguće je lako uočiti delove obilaznice na kojima dominiraju pojedine vrste saobraćajnih nezgoda, a što omogućava upravljaču puta da lako i brzo može da stvori jasnu sliku o stanju saobraćajne infrastrukture kojom upravlja. Na ovaj način izdvojene su deonice od 566-568 km, 575-578 km, 585-587km i 595 km, kao deonice sa najvećim brojem saobraćajnih nezgoda nastalih u sudarima vozila koja su se kretala iz suprotnih smerova.



Slika 5 *Mapa saobraćajnih nezgoda*

Sprovedenom analizom utvrđene su i na mapi prikazane i deonice na kojima je najčešća pojava sudara vozila koja se kreću u istom smeru, kao što su deonice od Dobanovačke petlje do 568 km stuba, od 586 do 590 km stuba, 593 km stuba i od 595 do 596 km stuba (auto pijaca Bubanj potok).



Slika 6 *Mapa saobraćajnih nezgoda prema godišnjim dobima*

U nastavku je izvršeno mapiranje saobraćajnih nezgoda u odnosu na mesece u toku godine, tako da su prepoznate deonice na kojima je povećan broj saobraćajnih nezgoda u zimskom periodu. Kao posebno opasne deonice u zimskom periodu su prepoznate deonice od 577-578 km stuba (most na Savi) i od 585 do 589 km stuba (ispred tunela Straževica). Na osnovu ove analize omogućeno je upravljaču puta da planira potrebe za pojačanim zimskim održavanjem puta na deonicama koje su posebno prepoznate kao opasne u zimskom periodu.

Izlaskom na teren i analizom mesta na kojima su se dogodile saobraćajne nezgode, uočen je niz nedostataka puta i putne infrastrukture. Duž cele obilaznice dominira neusaglašenost postavljene saobraćajne signalizacije. Naime, signalizacija nije standardizovana, nije u potpunosti postavljena u skladu sa pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji, a na pojedinim delovima je neusklađena (Na ulazu sa Surčinske petlje ne postoji saobraćajni znak pa vozači nemaju informaciju da se nalaze na moto putu) i zaklonjena. Uočeno je da na pojedinim deonicama obilaznice nije zabranjeno preticanje na mestima na kojima to ne omogućavaju karakteristike puta (od tunela Straževica prema Dobanovcima).



Slika 7 *Stanje saobraćajne signalizacije*

Takođe je terenskom analizom uočeno izuzetno opasno usmeravanje saobraćaja betonskim barijerama kod Dobanovačke petlje, koje prilikom gubitka upravljivosti ili skretanja vozila može da ima za posledicu teže povređivanje učesnika u saobraćaju i/ili prevrtanje vozila.



Slika 8 *Izgled usmeravajućih prepreka*

Detaljnom analizom saobraćajnih nezgoda uočene su pojedine nezgode u kojima bi bilo od značaja proveriti uticaj puta na nastanak nezgode, jer na osnovu samo fenomenološke analize nije bilo moguće pouzdano utvrditi mogući uticaj puta. Vremenskom i prostornom analizom nezgoda uočena je pojava većeg broja saobraćajnih nezgoda na pojedinim deonicama u određenim vremenskim uslovima (vidi mape nezgoda), a što je zahtevalo sprovođenje metoda nezavisnih ocena tih nezgoda kako bi se utvrdio uticaj puta na nastanak nezgode.

Izvršena je analiza, primenom metoda nezavisnih ocena, saobraćajne nezgode koja se dogodila u zimskom periodu, a na mostu u visini kilometar stuba 577+600 m, gde je došlo do sudara dva vozila koja su se kretala iz suprotnih smerova. Na osnovu fenomenološke analize definisano je da je nezgoda nastala prelaskom vozila na suprotnu saobraćajnu traku i gubitkom upravljivosti nad vozilom. Izlaskom na teren i analizom prikupljenih podataka uočen je značajan uticaj puta na ovu saobraćajnu nezgodu. Naime, kako je u uviđajnoj dokumentaciji utvrđeno stanje kolovoza na mestu nezgode i naznačeno da je kolovoz na tom delu bio zaleđen, to je ukazalo da je neophodno analizirati uticaj faktora puta na nastanak nezgode. Detaljnom analizom i saobraćajno-tehničkim veštačenjem utvrđeno je da je uzrok gubitka stabilnosti vozila bio nailazak na zaleđeni deo kolovoza, koji nije bio propisno obeležen niti najavljen postavljenom signalizacijom, tako da je pravi uzrok ove saobraćajne nezgode bilo stanje kolovoza koje je destabilizovalo kretanje vozila.

Sistemskim pristupom i kombinacijom svih raspoloživih sistema za analizu i praćenje stanja bezbednosti saobraćaja moguće je, preventivno delovati u budućnosti i predupredіti nastanak novih saobraćajnih nezgoda, stradanja učesnika u saobraćaju i nastanka materijalne štete. Fenomenološkom analizom se dobijaju opšti podaci o stanju saobraćajnog sistema, a daljom etiološkom analizom konkretni uzroci nastanka saobraćajnih nezgoda, što sve zajedno omogućava upravljaču puta da preduzima adekvatne sistemske i isplanirane mere prevencije u saobraćaju.

3. ZAKLJUČAK

Analiza saobraćajnih nezgoda je jedna od najvažnijIh analiza koja omogućava pravilno sagledavanje stanja saobraćajnog sistema na nekom području. Podaci dobijeni na osnovu takve analize omogućavaju pravilno i transparentno sagledavanje trenutnog stanja, kao i uočavanje postojećeg trenda u pogledu bezbednosti saobraćaja na nekom području. Ovako dobijeni podaci čine polaznu osnovu za sva planska delovanja u bezbednosti saobraćaja, jer bez ovakvih analiza nije moguće sagledati stvarno stanje saobraćajnog sistema, niti formirati i preduzeti planske mere i akcije za podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja. Fenomenološka analiza saobraćajnih nezgoda ukazuje na probleme u saobraćajnom sistemu, odnosno otkriva koji su to vremenski periodi ili prostorne lokacije ugroženije od drugih, odnosno manje bezbedne za korisnike saobraćajnog sistema. Takođe, ova analiza ukazuje i na to koji od učesnika u saobraćaju su na kom od područja ili u kojim vremenskim periodima ugroženiji od ostalih korisnika sistema, što opet omogućava upravljaču sistema da preventivno deluje na određenu kategoriju učesnika, odnosno deluje u određenom vremenskom periodu. Na ovaj način je moguće smanjiti troškove i najefikasnije iskoristiti raspoložive resurse, jer se ne deluje na široku populaciju i stalno, već u tačno predviđenim vremenskim periodima i na tačno utvrđenu populaciju, a što daje bolje efekte i zahteva manje resurse.

Etiološka analiza saobraćajnih nezgoda (metod nezavisnih ocena i sl.) daje podatke visoke preciznosti o saobraćajnim nezgoda i za razliku od prethodne metode ne prepoznaje samo uopšteno probleme u saobraćaju, već za svaku konkretnu lokaciju daje podatke o svim nedostacima saobraćajnog sistema, a koji uticu na bezbednost saobraćaja. Ovakva analiza na konkretnom mestu prepoznaje i utvrđuje uzroke i okolnosti koji dovode do saobraćajnih nezgoda što omogućava upravljaču puta da izvrši korigovanje uočenih nedostataka i omogući da saobraćajni sistem funkcioniše na bezbedan način. Dakle, ovom metodom se prepoznaju konkretni nedostaci puta i putne okoline i daju se predlozi kako te nedostatke korigovati u cilju obezbeđivanja što bezbednijeg funkcionisanja saobraćaja.

Sistemsko praćenje saobraćajnih nezgoda, odnosno sprovođenje fenomenološke i etiološke analize saobraćajnih nezgoda omogućava celovito sagledavanje problema u saobraćaju. Tek na osnovu ovakvih sistemskih analiza moguće je formirati adekvatne mere i planove daljeg delovanja u sistemu bezbednosti saobraćaja, jer samo one omogućavaju sagledavanje uzroka i okolnosti pod kojim nastaju saobraćajne nezgode sa svih aspekata. Formiranjem baze podataka na osnovu sprovedenih ovakvih analiza moguće je planirati sistemske mere kojima će se stanje bezbednosti saobraćaja podići na zadovoljavajući nivo.

Literatura

[1.] ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNI PROJEKAT "STRATEGIJE PLANIRANJA, RAZVOJA I PRIMENE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SISTEMA (ITS) NA PUTEVIMA REPUBLIKE SRBIJE, U FUNKCIJI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA"; 2007. Saobraćajni fakultet u Beogradu.
[2.] PROJEKAT – "IZRADA BAZE PODATAKA O SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA NA PODRUČJU BEOGRADA"; 2006. Saobraćajni fakultet u Beogradu.
[3.] PROJEKAT "PROGRAM UVOĐENJA I PRIMENE RSA (ROAD SAFETY AUDIT), TJ. PROVERE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA (PBS) NA DRŽAVNIM PUTEVIMA REPUBLIKE SRBIJE"; 2009. Saobraćajni fakultet u Beogradu.
[4.] STUDIJA – IDENTIFIKACIJA I KLASIFIKACIJA OPASNIH MESTA (CRNIH TAČAKA) U SAOBRAĆAJU NA PODRUČJU GRADA BEOGRADA, SA PREDLOGOM MERA; 2010. Kriminalističko policijska akademija Beograd.
[5.] PROJEKAT "METODOLOGIJA IDENTIFIKACIJE I UPRAVLJANJA OPASNIM MESTIMA (CRNIM TAČKAMA) NA DRŽAVNIM PUTEVIMA REPUBLIKE SRBIJE; 2010. Saobraćajni fakultet u Beogradu.
[6.] PROJEKAT - DUBINSKE ANALIZE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA SA POGINULIM LICIMA NA DRŽAVNOM PUTU M-22 BEOGRAD-ČAČAK, DEONICA: KRUŽNI PUT- PRELJINA; 2010. Saobraćajni fakultet u Beogradu.

ANALIZA UTICAJA REHABILITACIJE DRŽAVNOG PUTA NA BRZINE

doc. dr Dalibor Pešić, dipl. inž.[1]
[1] *Saobraćajni Fakultet u Beogradu, d.pesic@sf.bg.ac.rs*

Nenad Marković, dipl. inž.[2]
[2] *Saobraćajni Fakultet u Beogradu, n.markovic@sf.bg.ac.rs*

M. Sc. Marko Trifunović, dipl. inž.[3]
[3] *Saobraćajni Fakultet u Beogradu, marko.trifunovic01@gmail.com*

Rezime: *Najčešća okolnost nastanka saobraćajne nezgode, a neretko i uzrok, predstavlja nepoštovanje ograničenja brzine kretanja. Odluka vozača o poštovanju ograničenja brzine kretanja često se odnosi na njegovu subjektivnu procenu bezbednosti, a između ostalog utiču faktor puta i putne okoline kao što su izgled puta, stanje kolovoza, širina saobraćajnih traka, izgled okoline i slično. U ovom radu biće prikazan uticaj rehabilitacije kolovoznog zastora državnog puta na ponašanje učesnika u saobraćaju u pogledu brzine kretanja. Efekti uticaja rehabilitacije kolovoza ispitivani su na osnovu podataka dobijenih sa brojača saobraćaja na putu van naselja i na putu u naselju. Rezultati istraživanja pokazali su da se posle rehabilitacije kolovoza prosečna brzina kretanja vozila povećala i to na putu van naselja za 13 km/h, a na putu u naselju prosečna brzina se povećala za 3,5 km/h, dok se standardno odstupanje prosečnih brzina smanjilo i to na putu van naselja za 3,1 km/h, a na putu u naselju standardno odstupanje prosečnih brzina se smanjilo za 3,5 km/h. Istraživanje sprovedeno u ovom radu ukazuje da rehabilitacija državnog puta utiče na promenu ponašanja učesnika u saobraćaju u pogledu brzine kretanja i to povećanju prosečne brzine kretanja, povećanju procenta vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja i smanjenju standardnog odstupanja prosečnih brzina.*

Ključne reči: *rehabilitacija, bezbednost saobraćaja, državni put, ograničenje brzine, ponašanje učesnika u saobraćaju.*

1. UVOD

Prekoračenje brzine, odnosno ne poštovanje ograničenja brzine je veoma često uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda, a gotovo uvek okolnost koja utiče na posledice nastalih saobraćajnih nezgoda. Stepen prekoračenja brzine je gotovo uvek u direktnoj vezi sa nastalim posledicama, tako da svako prekoračenje brzine u značajnoj meri utiče na bezbednost svih učesnika u saobraćaju. Sa povećanjem stepena prekoračenja brzine raste i rizik od nastanka saobraćajne nezgode. Vozači često ne poštuju ograničenje brzine iz svojih subjektivnih stavova i ubeđenja o bezbednom učestvovanju u saobraćaju, ali neretko im i subjektivni osećaj bezbednosti utiče na povećanje brzine kretanja. Naime, na putevima sa širokim saobraćajnim trakama, u pravcu bez izraženih nagiba kolovoza, vozači imaju subjektivni osećaj da mogu bezbedno voziti i brzinama većim od ograničenih, tako da je uticaj puta i putne okoline izuzetno važan u pogledu poštovanja ograničenja brzine (WHO).

Da su saobraćajne nezgode ozbiljan problem pokazuju i podaci Svetske zdravstvene organizacije, gde se navodi da svakog dana u saobraćajnim nezgodama tri hiljade ljudi smrtno strada, što bi posmatrano na godišnjem nivou iznosilo 1,3 miliona stradalih (WHO, 2013), i između 20 i 50 miliona povređenih u saobraćajnim nezgodama (WHO, 2009).

Posmatranjem ponašanja vozača u različitim uslovima saobraćaja, a najčešće na različitim kolovoznim zastorima ili različitim stanjima kolovoznog zastora uočena je promena njihovog ponašanja u zavisnosti od stanja kolovoza, pa i u pogledu brzine kretanja. *Perez* (2005) je istraživajući uticaj rehabilitacije kolovoza na brzine kretanja vozila došao do zaključka da rehabilitacija kolovoza na vangradskim putevima u kišnim uslovima smanjuje broj saobraćajnih nezgoda od 15% do 70%, pri čemu na vangradskim putevima u suvim vremenskim uslovima povećava broj saobraćajnih nezgoda za 10%.

Uticaj rehabilitacija kolovoza na povećanje rizika od nastanka saobraćajne nezgode su potvrdili i *Leden* i saradnici (1998) u svom istraživanju. Prema datom istraživanju uočeno je da se rizik od nastanka sabraćajne nezgode povećava za 7% nakon rehabilitacije kolovoza. Takođe je uočeno da se ovo povećanje brzine smanjuje nakon perioda prve zime. Prosečna brzina kretanja na suvom kolovozu nakon rehabilitacije raste za 0,6 km/h, dok nakon perioda prve zime prosečna brzina raste za 0,5 km/h u odnosu na period pre rehabilitacije kolovoza.

[1] Dalibor Pešić: *d.pesic@sf.bg.ac.rs*

Izveštaji Svetske zdravstvene organizacije ukazuju na to da porast prosečne brzine za 1 km/h obično za 3% povećava verovatnoću nastanka povreda u nezgodama, pri čemu su Taylor i saradnici analizirajući nezgode na različitim tipovima puteva u Velikoj Britaniji došli do zaključka da svako smanjenje prosečne brzine za 1 mp/h (1,6 km/h) za najviše 6% smanjuje broj saobraćajnih nezgoda.

Imajući u vidu dosadašnja istraživanja o uticaju rehabilitacije puta na brzinu kretanja vozila može se zaključiti da različito stanje kolovoznog zastora utiče na različito ponašanje vozača u pogledu brzine kretanja, odnosno da poboljšavanjem stanja kolovoza dolazi do povećanja brzine kretanja vozila. Ovakvi rezultati istraživanja mogu navesti na zaključak da nema potrebe vršiti poboljšavanje stanja kolovoza, naprotiv iz dosadašnjih istraživanja može se zaključiti da rehabilitacija kolovoza ukoliko se sprovodi u "estetsku" svrhu neće povećati bezbednost saobraćaja već će povećati broj saobraćajnih nezgoda.

Cilj ovog istraživanja je da pokaže da li postoji promena ponašanja vozača u pogledu brzine kretanja vozila za različita stanja kolovoznog zastora i to za različite kategorije puteva, odnosno za put u neselju i put van naselja. Analiza je vršena na osnovu podataka dobijenih snimanjem brzina sa brojača saobraćaja na državnom putu prvog reda, u mestu Lukovo, za put van naselja, dok je za put u naselju analiza vršena na osnovu podataka dobijenih snimanjem brzina radarom iz vozila u ulici Kralja Petra I u Smederevskoj Palanci. Na deonicama na kojim je vršeno snimanje brzina je bila ograničena postavljenim saobraćajnim znakom na 50 km/h, za put van naselja i opštim ograničenjem brzine na 50 km/h, za put u naselju.

2. METOD

Merenje brzina kretanja vozila za put u naselju vršeno je radarom marke ''Bushnell'' iz vozila parkiranog uz desnu ivicu kolovoza ulice Kralja Petra I u Smederevskoj Palanci. Brzina vozila snimana je u odlasku, odnosno snimana je maksimalna brzina koju posmatrano vozilo postigne od trenutka prolaska pored vozila iz kog je vršeno snimanje, pri čemu je vršeno snimanje brzine kretanja vozila samo u jednoj kolovoznoj traci. Uzorak prikupljen istraživanjem zasnovan je na metodu slučajnog uzorka za period pre rehabilitacije kolovoza dana 30.6.2012. godine i dana 7.7.2012. godine, dok je za period posle rehabilitacije kolovoza uzorak prikupljen dana 8.9.2012. godine. Snimanje je vršeno u periodu od 06:00 do 00:00, u petnaesto minutnim intervalima na početku svakog sata.

Analiza brzina kretanja vozila za put van naselja vršena je na osnovu podataka dobijenih snimanjem brzina sa brojača saobraćaja ''JP Putevi Srbije'' stacioniranog u Lukovu na državnom putu prvog reda. Za analizu uticaja rehabilitacije kolovoza na brzine korišćeni su podaci dobijeni snimanjem u periodu od 6.12.2010. godine do 19.12.2010. godine, za period pre rehabilitacije, dok su za period posle rehabilitacije korišćeni podaci dobijeni snimanjem u period u od 1.10.2012. godine do 14.10.2012. godine.

Tokom istraživanja na putu u naselju snimljena je brzina 1136 vozila, od čega je snimljena brzina 583 vozila pre rehabilitacije kolovoznog zastora i 553 posle rehabilitacije kolovoznog zastora. Na putu van naselja snimljena je brzina 51604 vozila, od čega je brzina 21238 vozila snimljena pre rehabilitacije kolovoza i 30366 vozila posle rehabilitacije kolovoza.

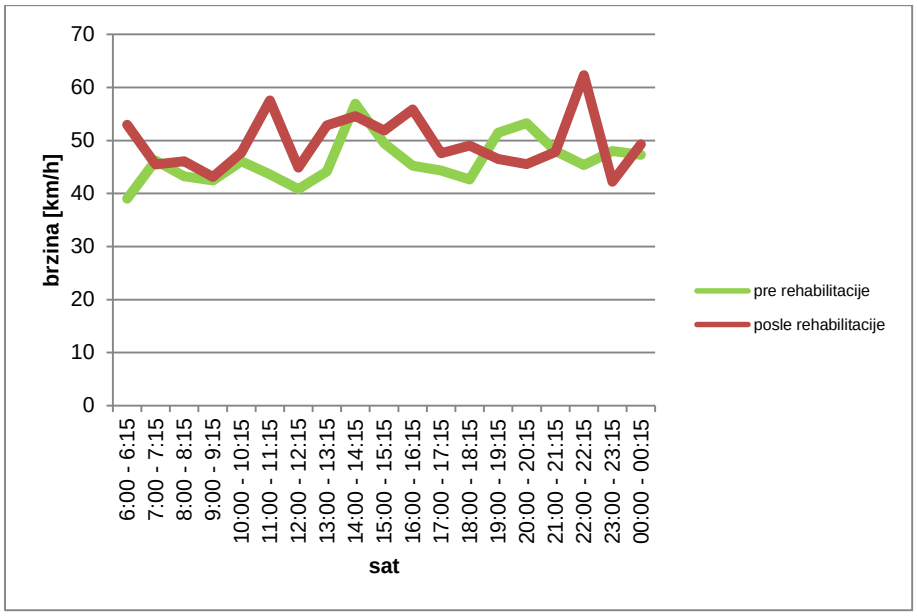
Na osnovu prikupljenih podataka snimanjem brzine na putu u naselju i na putu van naselja formirana je baza podataka u programu Microsoft Excel. Prikupljeni podaci analizirani su primenom 85% percentila brzine i standardnim odstupanjem za brzine pre rehabilitacije i posle rehabilitacije kolovoznog zastora.

Ograničenja ovog rada odnosila bi se na specifičnost podataka dobijenih sa brojača saobraćaja u odnosu na podatke dobijene snimanjem na terenu. Naime, podacima sa brojača saobraćaja nedostaju podaci koji mogu uticati na brzine kretanja vozila a odnose se na podatke o vremenskim uslovima, spoljnim faktorima (radovi na putu, saobraćajna nezgoda u blizini mesta snimanja, kontrala saobraćaja od strane saobraćajne policije) i sl.

3. REZULTATI

3.1. Rezultati prosečnih brzina kretanja vozila na putu u naselju

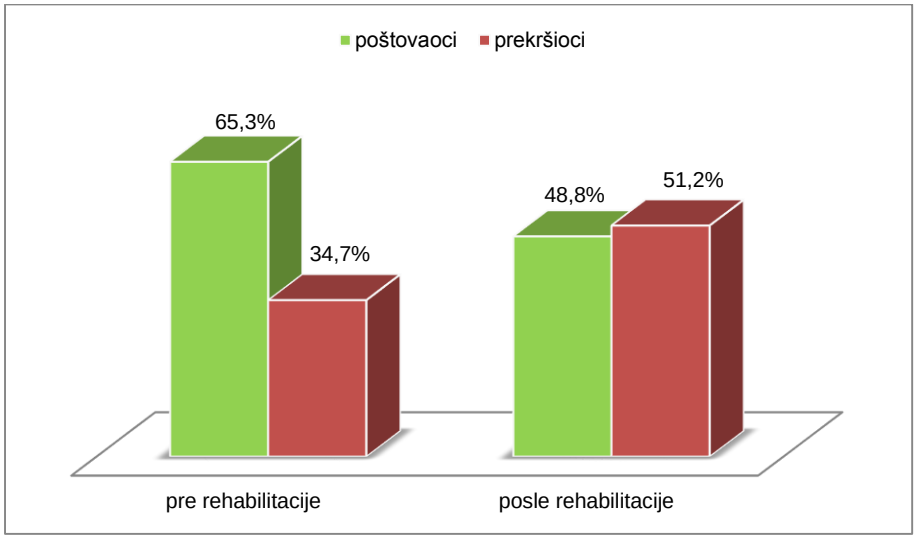
Analizom rezultata prosečnih brzina kretanja vozila za period pre rehabilitacije i posle rehabilitacije kolovoza (Slika 1) može se zaključiti da se prosečna brzina kretanja vozila posle rehabilitacije kolovoza povećala u odnosu na period pre rehabilitacije kolovoza, osim za vremenski period od 14:00h do 14:15h i vremenski period od 19:00h do 20:15h gde je prosečna brzina vozila pre rehabilitacije kolovoza veća u odnosu na prosečnu brzinu vozila posle rehabilitacije kolovoza. Prosečne brzine kretanja vozila za period pre rehabilitacije i posle rehabilitacije kolovoza približno se istovremeno povećavaju i smanjuju u istom vremenskom periodu dana, osim u vremenskom periodu od 6:00h do 6:15h, od 11:00h do 11:15h i u vremenskom periodu od 22:00h do 22:15h gde dolazi do naglog povećanja prosečne brzine kretanja vozila posle rehabilitacije kolovoznog zastora.



Slika 1. *Prosečna brzina kretanja vozila na putu u naselju*

Na osnovu statističke analize podataka može se zaključiti da je pre rehabilitacije kolovoza 85% percentil prosečne brzine 52 km/h, a prosečna brzina 46,2 km/h, dok je posle rehabilitacije kolovoza 85% percentil prosečne brzine 57 km/h, a porosečna brzina 49,7 km/h.

Analiza prosečnih brzina kretanja vozila primenom standardnog odstupanja pokazuje da se standardno odstupanje prosečnih brzina smanjuje posle rehabilitacije kolovoza (δ = 9,7 km/h), u odnosu na period pre rehabilitacije kolovoza (δ = 13,2 km/h).

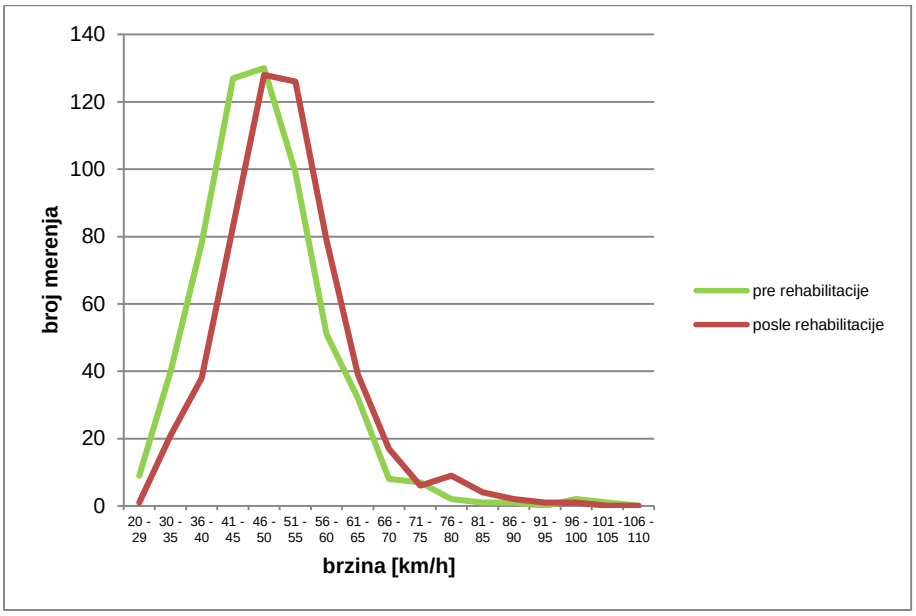


Slika 2. *Procenat poštovaoca i prekršioca ograničene brzine kretanja na putu u naselju*

Kako rehabilitacija kolovoza utiče na svest vozača u pogledu promene ponašanja može se videti i iz analize procenta prekršioca ograničene brzine kretanja učesnika u saobraćaju (Slika 2), a koja ukazuje da se posle rehabilitacije kolovoznog zastora povećao broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja. Pre rehabilitacije kolovoza 34,7% vozača prekoračilo je ograničenu brzinu kretanja, dok je posle rehabilitacije kolovoza 51,2% vozača prekoračilo ograničenu brzinu kretanja.

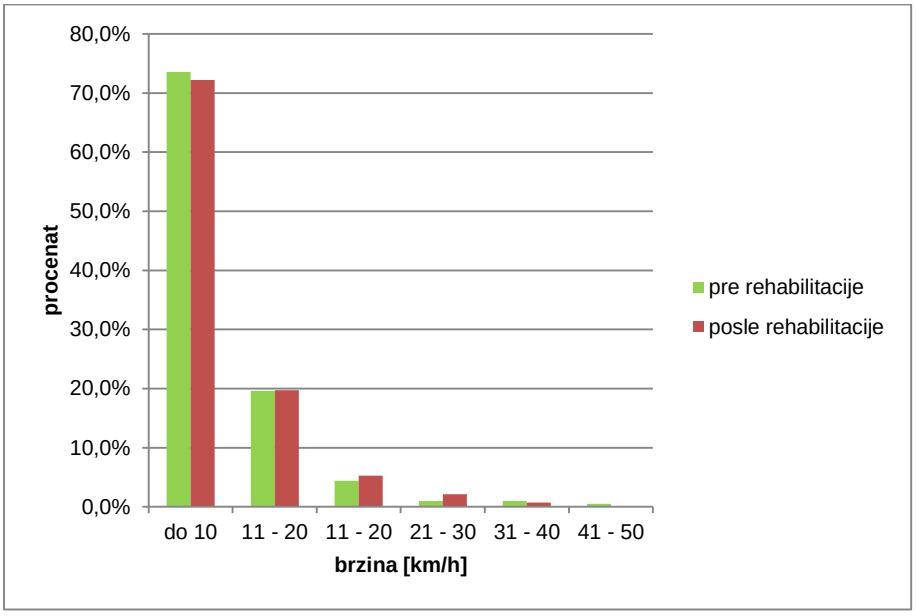
Analiza broja prekršioca ograničene brzine kretanja pre i posle rehabilitacije kolovoza, primenom χ^2 testa pokazuje da postoji značajna statistička razlika između broja prekršioca ograničene brzine kretanja pre i posle rehabilitacije kolovoza $\left(\chi^2 = 13{,}1 > \chi^2_{\alpha=0{,}05} = 3{,}841;\ p = 0{,}05\right)$.

Na osnovu analize podataka o brzini kretanja vozila dobijenih snimanjem brzine kretanja vozila na putu u naselju može se zaključiti da se posle rehabilitacije kolovoza povećava prosečna brzina kretanja vozila za 3,5 km/h, 85% percentil prosečne brzine se povećava za 5 km/h, dok se disperzija prosečnih brzina smanjila za 3,5 km/h. Analiza podataka o brzinama kretanja vozila u naselju takođe ukazuje da se posle rehabilitacije kolovoza povećao broj prekršioca ograničene brzine kretanja.



Slika 3. *Raspodela brzina kretanja vozila na putu u naselju*

Posmatranjem raspodele brzine kretanja vozila na putu u naselju (Slika 3) za brzine kretanja od 20 km/h do 110 km/h, može se zaključiti da se najviše učesnika u saobraćaju za period pre i posle rehabilitacije kolovoza kretalo brzino od 46 km/h do 50 km/h. Analizom podataka o brzinama kretanja učesnika u saobraćaju na putu u naselju, prikazanom na Slici 3, može se zaključiti da se posle rehabilitacije kolovoza brzine kretanja učesnika u saobraćaju povećavaju, što se na Slici 3 može videti kao "pomeranje" udesno vrha krive raspodele brzina kretanja učesnika u saobraćaju za period posle rehabilitacije kolovoza.



Slika 4. *Procentualno učešće prekršioca ograničene brzine kretanja po kategoriji prekoračenja brzine, na putu u naselju*

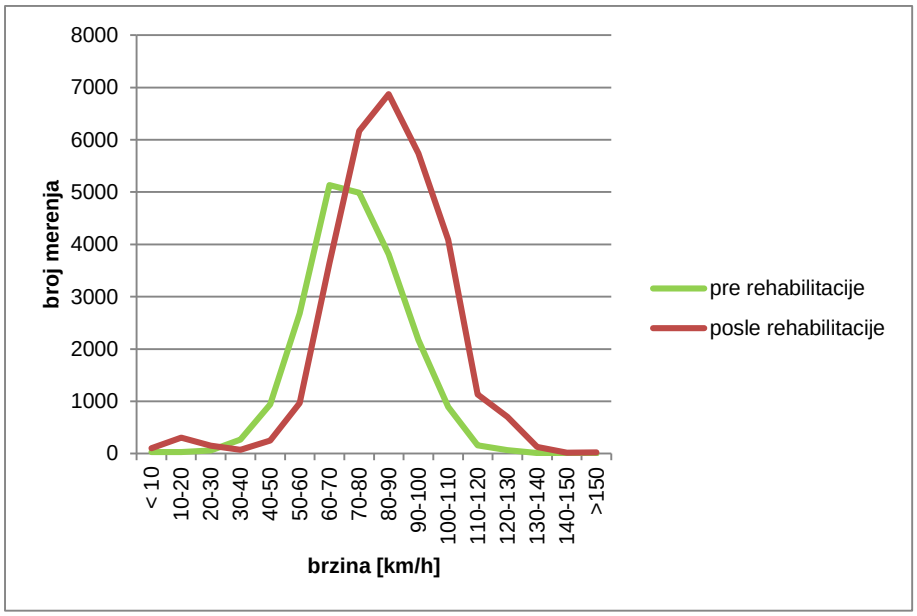
Analizirani podaci o brzinama kretanja učesnika u saobraćaju na putu u naselju (Slika 4) ukazuju da je najviše učesnika u saobraćaju "slobodno" da ograničenu brzinu kretanja prekorači za do 10 km/h, pri čemu je više učesnika pre rehabilitacije kolovoza prekoračilo ograničenu brzinu kretanja za do 10 km/h (73,5%) u odnosu na broj učesnika koji je ograničenu brzinu kretanja prekoračio za do 10 km/h, posle rehabilitacije kolovoza (72,2%). Primena χ^2 testa pokazuje da postoji značajna statistička razlika između broja učesnika u saobraćaju koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja za do 10 km/h, za period pre i posle rehabilitacije kolovoza $\left(\chi^2 = 8{,}5 > \chi^2_{\alpha=0{,}05} = 3{,}841;\ p = 0{,}05\right)$.

3.1. Rezultati prosečnih brzina kretanja vozila na putu van naselja

Podaci o brzinama kretanja vozila na putu van naselja ukazuju da je veliki procenat vozača prekoračio ograničenu brzinu kretanja i pre rehabilitacije kolovoza, odnosno 39,9% vozača, dok se posle rehabilitacije kolovoza broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja povećao na 62,3%. Primena χ^2 testa pokazuje da postoji značajna statistička razlika između broja učesnika u saobraćaju koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja, za period pre i posle rehabilitacije kolovoza $\left(\chi^2 = 19{,}1 > \chi^2_{\alpha=0{,}05} = 3{,}841;\ p = 0{,}05\right)$.

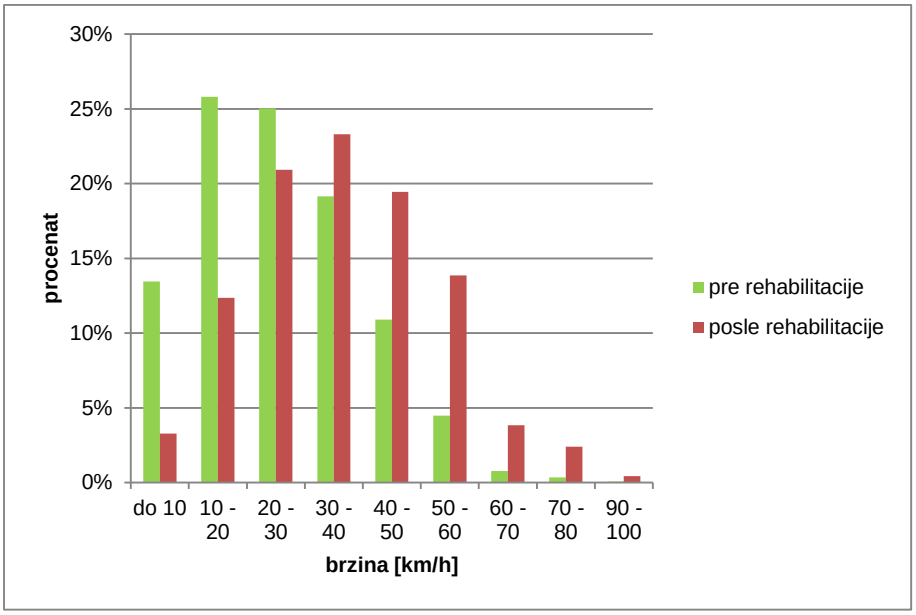
Analiza prosečnih brzina kretanja pokazuje da je pre rehabilitacije kolovoza prosečna brzina kretanja vozila 70 km/h, a 85% percentil prosečne brzine je 79 km/h, dok je posle rehabilitacije kolovoza prosečna brzina 83 km/h, a 85% percentil prosečne brzine je 88 km/h. Statistička analiza prosečnih brzina kretanja primenom standardnog odstupanja pokazuje da se posle rehabilitacije kolovoza (δ = 5,9 km/h) standardno odstupanje smanjuje u odnosu na period pre rehabilitacije kolovoza (δ = 9 km/h).

Na osnovu analize podataka o brzinama kretanja vozila na putu van naselja može se zaključiti da se prosečna brzina kretanja vozila posle rehabilitacije kolovoza povećava za 13 km/h, 85% percentil prosečne brzine se povećava za 9 km/h, dok se standardno odstupanje smanjuje za 3,1 km/h nakon rehabilitacije kolovoza.



Slika 5. *Raspodela brzina kretanja vozila na putu van naselja*

Podaci o raspodeli brzina kretanja učesnika u saobraćaju, na putu van naselja (Slika 4) podeljeni u kategorije od ispod 10 km/h do više od 150 km/h, pokazuju da više učesnika u saobraćaju ograničenu brzinu kretanja prekoračuju u periodu posle rehabilitacije kolovoza. Posmatranjem vrha krive raspodele prosečnih brzina kretanja učesnika u saobraćaju pre rahabilitacije kolovoza, može se zaključiti da i pre rehabilitacije kolovoza, na putu van naselja, najviše učesnika u saobraćaju prekoračuje ograničenu brzinu kretanja, dok velika "udaljenost" između vrha krive raspodele prosečnih brzina pre rehabilitacije i posle rehabilitacije dodatno potvrđuje da se posle rehabilitacije kolovoza povećava broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja.



Slika 6. *Procentualno učešće prekršioca ograničene brzine kretanja po kategoriji prekoračenja brzine, na putu van naselju*

Na osnovu podataka o broju vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja na putu van naselja, posmatrano prema kategoriji prekoračenja ograničene brzine kretanja (Slika 6) može se zaključiti da najviše vozača ograničenu brzinu kretanja prekoračuje za od 20 km/h do 30 km/h (25% pre rehabilitacije i 21% posle rehabilitacije). Broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja pre rehabilitacije veći je u odnosu na broj vozača koji prekoračuje ograničenu brzinu kretanja posle rehabilitacije, sve do kategorije prekoračenja brzine od 40 km/h do 50 km/h.

Uporednom analizom podataka o brzini kretanja vozila pre rehabilitacije kolovoza i posle rehabilitacije kolovoza na putu u naselju i na putu van naselja može se zaključiti da se nakon rehabilitacije kolovoza povećava prosečna brzina kretanja vozila, na putu u naselju za 3,5 km/h (7%), dok se prosečna brzina kretanja na putu van naselja, nakon rehabilitacije kolovoza povećala za 13 km/h (15,7%). Statistička analiza podataka ukazuje da se 85% percentil prosečne brzine takođe povećao posle rehabilitacije kolovoza na putu u naselju za 5 km/h (8,8%), dok se na putu van naselja 85% percentil prosečne brzine povećao za 9 km/h (10,2%). Dobijeni rezultati istraživanja pored povećanja prosečne i 85% percentila prosečne brzine ukazuju da se standardno odstupanje prosečnih brzina smanjilo u periodu posle rehabilitacije i to na put u naselju za 3,5 km/h (26,5%) i na putu van naselja 3,1 km/h (34,4%). Rehabilitacija kolovoza pored uticaja na povećanje prosečne brzine kretanja utiče i na povećanje broja vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja. Istraživanje takođe ukazuje da je procenat vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja na putu van naselja (62,3%) veći nego procenat vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja na putu u naselju (51,2%), pri čemu na putu u naselju najviše vozača ograničenu brzinu kretanja prekoračuje za do 10 km/h (73,5% pre rehabilitacije i 72,2% posle rehabilitacije kolovoza), dok na putu van naselja najviše vozača ograničenu brzinu kretanja prekoračuja za od 20 km/h do 30 km/h (25% pre rehabilitacije i 21% posle rehabilitacije kolovoza).

3. ZAKLJUČAK

Analiza rezultata dobijenih snimanjem brzine kretanja vozila u naselju ukazuju da se nakon rehabilitacije kolovoza povećava prosečna brzina kretanja vozila za 3,5 km/h, a broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja povećao se sa 34,7% za period pre rehabilitacije na 51,2% za period posle rehabilitacije. Statistička analiza pokazuje da se posle rehabilitacije kolovoza smanjuje standardno odstupanje prosečnih brzina vozila na putu u naselju za 3,5 km/h.

Sprovedena analiza brzina kretanja vozila sa brojača saobraćaja na putu van naselja ukazuje da se prosečna brzina kretanja vozila posle rehabilizacije kolovoza povećala za 13 km/h, dok se broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja povećao sa 39,9% za period pre rehabilitacije kolovoza na 62,3% za period posle rehabilitacije kolovoza. Dobijeni rezultati takođe pokazuju da se posle rehabilitacije kolovoza smanjuje standardno odstupanje prosečnih brzina na putu van naselja za 3,1 km/h.

Analiza primenom χ^2 testa potvrđuje da postoji značajna statistička razlika između broja poštovaoca i prekršioca ograničene brzine kretanja kako za period pre rehabilitacije kolovoza $\left(\chi^2 = 13{,}1\right)$ tako i za period posle rehabilitacije kolovoza $\left(\chi^2 = 19{,}1\right)$.

Rezultati ovog istraživa pokazali su da rehabilitacija kolovoza utiče na promenu ponašanja vozača u pogledu brzine kretanja kako za rehabilitaciju puta u naselju, tako i za rehabilitaciju puta van naselja. Istraživanje pokazuje da posle rehabilitacije kolovoza dolazi do povećanja prosečne brzine kretanja i broja vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja, a do sličnog zaključka došli su Perez (2005) i Leden i saradnici (1998). Istraživanje ukazuje da postoji razlika između broja prekršioca ograničene brzine kretanja posle rehabilitacije kolovoza u odnosu na put u naselju i na put van naselja. Na putu van naselja posle rehabilitacije kolovoza povećan je broj vozača koji prekoračuju ogranilenu brzinu kretanja u odnosu na put u naselju.

Literatura

[1] Leden, L., Hamalainen, O., Manninen, E., (1998). The effect of resurfacing on friction, speed and safety on main roads in Finland, Accident Analysis and Prevention.

[2] Perez, I. (2005). Safety impact of engineering treatments on undivided rural roads, Accident Analysis and Prevention.

[3] Publikacija''Brojanje saobraćaja na državnim putevima Republike Srbije'', Javno preduzeće ''Putevi Srbije''.

[4] Trifunović, M., (2013). Analiza uticaja rehabilitacije kolovoza na brzine, Master rad, Saobraćajni fakultet, Beograd.

[5] Lipovac, K., Pešić, D., Marković, N., Trifunović, M., (2013). Uporedna analiza uticaja rehabilitacije državnog puta prvog i drugog reda na brzine, Put i saobraćaj.

[6] WHO, World report on road traffic injury prevention – Risk factors, Chapter 3.

[7] ETSC, European transport safety council, Traffic law enforcement across the EU, (2007).

INDIKATORI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA KOJI SE ODNOSE NA PUTEVE

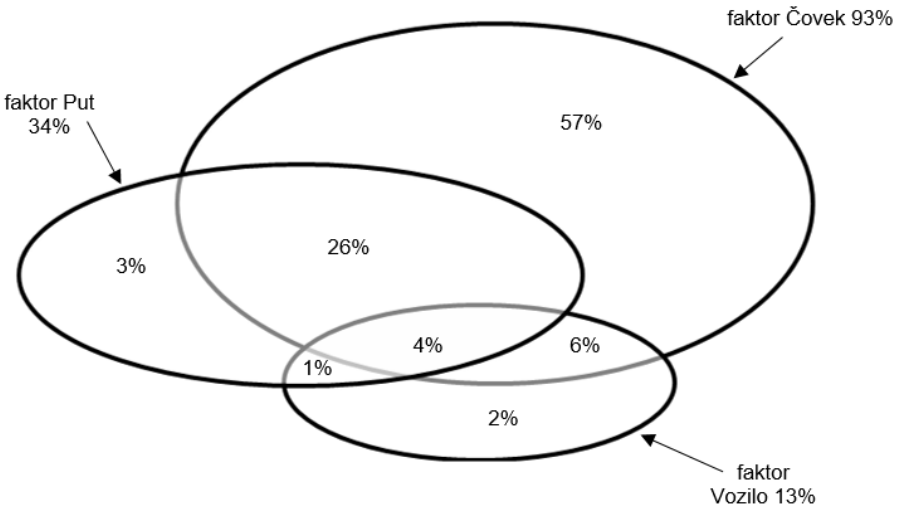
Dalibor Pešić[1], Krsto Lipovac[2], Hans-Joachim Vollpracht[3], Boris Antić[4]
[1] *Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, d.pesic@sf.bg.ac.rs*
[2] *Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, k.lipovac@gmail.com*
[3] *Ministarstvo urbanog razvoja i transporta – Nemačka, HansJoachim.Vollpracht@mswv.brandenburg.de*
[4] *Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, b.antic@sf.bg.ac.rs*

Rezime: *Indikatori bezbednosti saobraćaja (eng. Safety performance indicators – SPI) predstavljaju bilo koju meru koja je uzročno vezana za saobraćajne nezgode i posledice saobraćajnih nezgoda i predstavljaju vezu između posledica saobraćajnih nezgoda i mera za smanjenje posledica tih nezgoda. Indikatori se mogu definisati kao kvantitativno i kvalitativno merilo koje je dobijeno iz niza posmatranih činjenica i zbog toga mogu sadržati velike količine informacija prikazane na prost način, koje ako se prepoznaju mogu biti iskorišćene na adekvatan način u cilju poboljšanja bezbednosti saobraćaja. Poseban značaj indikatora u bezbednosti saobraćaja ogleda se u praćenju učinka, definisanju i uspostavljanju trendova, predviđanju problema, proceni političkog uticaja, poređenju itd. Putevi su takođe prepoznati kao jedan od ključnih elemenata od izuzetnog značaja za bezbednost saobraćaja, pa su u tom smislu u definisani i indikatori bezbednosti saobraćaja koji se odnose na puteve, a u ovom radu su detaljno i opisani. Putna infrastruktura mora biti prilagođena potrebama svih učesnika u saobraćaju i mora ispuniti sve bezbedonosne uslove, kako bi se saobraćaj mogao odvijati na prvom mestu bezbedno, pa su u tom smislu definisane dve kategorije indikatora bezbednosti saobraćaja, a to su indikatori koji se odnose na putnu mrežu i indikatori koji se odnose na projektno bezbedonosne karakteristike puta.*

Ključne reči: *indikatori bezbednosti saobraćaja; bezbednost saobraćaja; put; putna mreža; projektno-bezbedonosne karakteristike puta*

1. UVOD

Put i uticaj puta na stanje bezbednosti saobraćaja je značajno. O tome govore sva svetska istraživanja u poslednje dve decenije. Put, kao faktor bezbednosti saobraćaja, sam za sebe, ali i u sprezi sa ostalim faktorima bezbednosti saobraćaja (Čovek, Vozilo i Okolina) uzročnik je saobraćanih nezgoda u oko 34% slučajeva (Slika 1.). Ovako veliki uticaj puta na uzrokovanje saobraćajnih nezgoda zavređuje veliku pažnju na svim nivoima, od međunarodnog, preko nacionalnog do lokalnog.



Slika 1. *Uticaj faktora bezbednosti saobraćaja na nastanak saobraćajnih nezgoda*
Source: (Izvor, PIARC, 2003)

Put i putna infrastruktura i indikatori bezbednosti saobraćja koji opisuju stanje putne infrastrukture imaju veliki značaj na ocenu nivoa bezbednosti saobraćaja. Na bezbednost saobraćaja utiču razvijenost, odnosno izgrađenost putne mreže, kvalitet i vrsta kolovoznog zastora, elementi pasivne bezbednosti puta itd. Elvik &

[1] Autor zadužen za korespodenciju: d.pesic@sf.bg.ac.rs

Vaa (2004) su pokazali da je broj saobraćajnih nezgoda, koji se događa na saobraćajnicama sa fizički razdvojenim kolovoznim trakama, za oko 75% manji u odnosu na sve ostale saobraćajnice.
Ako se posmatra kolovozni zastor, na bezbednost saobraćaja utiču i tzv. neočekivane greške puta (odroni, udarne rupe, devijacije kolovoza itd.). Usklađenost projektovanog načina saobraćanja na putevima sa izvedenom saobraćajnicom može značajno doprineti nebezbednosti i nastajanju neželjenih posledica, pa je neophodno saobraćajnici prilagoditi i način regulisanja saobraćaja, ograničenja brzine itd.

U poslednjoj deceniji razvijeno je nekoliko načina za ocenjivanje bezbednosti puteva. Među njima se posebno ističe RAP (Road Assessment Program) i to EuroRAP, USRAP, iRAP itd. Osim ovih, razvijeno je i tzv. ''mapiranje rizika'' kako na područjima tako i na deonicama puteva (Kukić et al, 2013). 2008. godine na nivou Evropske unije doneta direktiva o obaveznoj upotrebi savremenih procedura unapređenja bezbednosti puteva (EP Council, 2008), što govori o značaju ove teme odnosno o uticaju puta na bezbednost saobraćaja i da se upravoj ovoj temi mora posvetiti posebna pažnja. Savremene procedure za unapređenje bezbednosti puta, među kojima se ističu: strateška i komparativna analiza uticaja puta na bezbednost saobraćaja, revizije bezbednosti saobraćaja, provere bezbednosti saobraćaja, upravljanje crnim tačkama, mapiranje rizika, upravljanje putnom mrežom itd., su predvidjene i u našem zakonodavstvu u članu 156. Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima (Službeni glasnik RS br.41/2009, 53/2010 i 101/2011). Sagledavajući prethodno navedeno u vezi faktora put, takođe je neophodno definisati indikatore bezbednosti saobraćaja, koji bi imali mogućnost efikasnog merenja i ocenjivanja stanja bezbednosti saobraćaja, a imajući u vidu upravo indikatore bezbednosti saobraćaja koji se odnose na put i putnu infrastrukturu.

2. INDIKATORI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA KOJI SE ODNOSE NA PUT

2.1. Polazne osnove

Put i putna infrastruktura su veoma značajni na stanje bezbednosti saobraćaja nekog područja. Karakteristike puta imaju zadatak da omoguće svakodnevne aktivnosti, omoguće održivi transport i to sve da se sprovodi na bezbedan način. Imajući to u vidu odgovarajuće projektne karakteristike puta omogućavaju da se saobraćaj može obavljati putevima, međutim, sa druge strane posmatrano, uticaj tih karakteristika može biti i na rizik nastanka nezgoda (WHO, 2004). Bezbednost saobraćaja faktora put predstavlja rezultat kombinacije funkcionalnosti putne mreže, homogenosti putne mreže i mogućnosti predviđanja putnog okruženja i veličine saobraćaja (Vujanić i dr, 2014). Najvažniji faktori koji utiču na bezbednost puta su: uključivanje aspekta bezbednosti saobraćaja još u fazi planiranja puteva, realizacija zahteva bezbednosti saobraćaja, bezbednosni aspekti postojećih puteva i način rešavanja eventualnih problema bezbednosti saobraćaja.

Putna mreža određenog područja sastoji se od različitih kategorija saobraćajnica (autoputevi, motoputevi, putevi van naselja i putevi u naselju). Autoputevi predstavljaju najbezbedniju kategoriju saobraćajnica, jer se na autoputevima retko događaju saobraćajne nezgode. Razloge treba tražiti u standardima projektovanja autoputeva, koji su strožiji, aposebno u pogledu brzina, kontrole pristupa, specifičnih načina ukrštanja (denivelisani) koji onemogućavaju ili smanjuju broj mogućih konflikata, itd. Sa druge strane, putevi u naseljima, a posebno putevi van naselja predstavljaju nebezbednije kategorije saobraćajnica. Elvik & Vaa (2004) su pokazali da je zastupljenost stradanja na autoputevima u odnosu na ostale kategorije saobraćajnica veoma mala i da je najveći rizik smrtnog stradanja na putevima van naselja, koji je za 4 do 6 puta veći u odnosu na autoputeve. Nadalje, stanje površine kolovoza, kao i propusti u projektovanju i održavanju saobraćajnica značajno doprinose stanju bezbednosti saobraćaja, a iskustva pokazuju da neočekivane promene stanja puta imaju najveći uticaj na rizik stradanja u saobraćajnim nezgodama (npr. udarne rupe, pojava leda na kolovozu na nadvožnjacima i sl).

Imajući prethodno navedeno u vidu nameće se zaključak da izgrađenost kvalitetno i dobro projektovane putne mreže u značajnoj meri utiče na stanje bezbednosti saobraćaja jednog područja, pa je u tom smislu, potrebno definisati, a nakon toga i pratiti indikatore bezbednosti saobraćaja koji se odnose na puteve. Na taj način moguće je uočiti probleme u pogledu faktora Put i pravovremenim reagovanjem nadležnih institucija stvoriti bezbedne uslove za saobraćaj na putevima nekog područja.

2.2. Definisanje indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na put

Uspostavljanje procesa praćenja indikatora bezbednosti saobraćaja treba da unapredi praćenje postojećeg stanja zaštitnog sistema bezbednosti saobraćaja, brzo praćenje i merenje efekata pojedinih mera i aktivnosti i međusobno poređenje, a to se može postići sprovođenjem sledećih koraka (Lipovac i dr, 2012):

- **precizno definisanje indikatora bezbednosti saobraćaja**,
- rangiranje indikatora prema značaju i izbor najvažnijih indikatora koji će se pratiti,
- definisanje načina merenja indikatora,
- izrada metodologije prikupljanja podataka za najvažnije indikatore koji će se pratiti,
- analiza i izveštavanje o indikatorima.

ETSC (2001) je razmatrao veliki broj faktora koji doprinose nastanku saobraćajnih nezgoda i prepoznati su sledeće oblasti u kojima treba razvijati indikatore bezbednosti saobraćaja:

- ponašanja učesnika u saobraćaju (prekoračenje brzine, upotreba sigurnosnih pojaseva, upotreba zaštitnih kaciga, vožnja pod uticajem alkohola itd.),
- **putne infrastrukture** (prianjanje kolovoza, putna mreža koja ne zadovoljava standarde za bezbedno korišćenje itd.),
- vozila (starost i pasivna bezbednost voznog parka, tehnička ispravnost itd.) itd.

Prema preporukama u Izveštaju "Indikatori bezbednosti saobraćaja" (ETSC, 2001) izdvojeno je sedam osnovnih područja (oblasti) za razvoj indikatora:

- upotreba alkohola i droge,
- brzina,
- zaštitni sistemi,
- dnevna svetla,
- vozila,
- **putevi**,
- zdravstvena zaštita.

Projekat SAFETYNET (Hakkert et al, 2007) je u okviru definisanja indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na puteve prepoznao indikatore koji se odnose na:

- **Mrežu puteva** – procenat adekvatne dužine saobraćajnica određene kategorije posmatrano prema vrsti pristupa;
- **Projektne karakteristike puta** – distribucija zvezdica prema EuroRAP za svaku kategoriju saobraćajnica.

Prema projektu SAFETYNET (Hakkert et al, 2007) ove indikatore bezbednosti saobraćaja je najkomplikovanije definisati jer se za ocenjivanje ovih indikatora u najvećem broju slučajeva koriste vrednosti koje ne mogu precizno da opišu gde je i šta je problem u saobraćajnici, već se koriste samo odnosi saobraćajnica koji zadovoljavaju kriterijume pristupa, prema kategoriji saobraćajnice, zatim koriste se ocene putem zvezdica (RAP protokoli), koje ne omogućavaju precizno sagledavanje šta može biti problem sa konkretnom saobraćajnicom, itd. Osim toga, nedostaci predloženih indikatora bezbednosti saobraćaja su i (Vujanić i dr., 2013):

- nepostojanje podataka u vezi pojedinih indikatora (npr. ne prikupljaju se podaci o pojedinim važnim obeležjima u vezi puta),
- loš kvalitet podataka u vezi pojedinih indikatora (npr. ne postoji jedinstvena i ažurna baza podataka o putevima),
- nepostojanje dokaza o ispunjenosti zavisnosti vrednosti indikatora sa stanjem bezbednosti saobraćaja (npr. indikatori koji se odnose na puteve su tek u razvoju, pa još uvek nisu uspostavljene zavisnosti, odnosno relacije sa brojem i posledicama saobraćajnih nezgoda),
- nemogućnost preciznijeg definisanja problema u okviru nekog od indikatora (npr. indikatori koji se odnose na puteve, po pravilu ocenjuju put i stanje putne infrastrukture vrednostima, koje ne mogu da ukažu na konkretne probleme vezane za taj put), itd.

Sveobihvatno sagledavajući sve prethodno navedeno, a posebno imajući u vidu preporuke SAFETYNET projekta, ključni indikatori bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na puteve, su podeljeni na one koji se odnose na (Vujanić i dr. 2013):

- **putnu mrežu i**
- **projektno-bezbednosne karakteristike puta**.

Indikatori bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na putnu mrežu, su (Vujanić i dr. 2013):

- % dužine adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže,
- % autoputeva u ukupnoj dužini putne mreže i
- % autoputeva u odnosu na ukupnu površinu posmatranog područja.

Indikatori bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na projektno-bezbednosne karakteristike puta, su (Vujanić i dr. 2013):

- prosečna EuroRAP ocena za autoputeve,
- prosečna EuroRAP ocena za puteve van naselja,
- prosečna EuroRAP ocena za puteve u naselju,
- prosečna ocena prema mapiranju rizika za autoputeve,
- prosečna ocena prema mapiranju rizika za puteve van naselja i
- prosečna ocena prema mapiranju rizika za puteve u naselju.

2.2.1. Merenje indikatora bezbednsoti saobraćaja koji se odnose na putnu mrežu

Bezbednost saobraćaja u velikoj meri zavisi od kategorije saobraćajnice. Kako je svetskim iskustvima pokazano da veća zastupljenost brzih saobraćanica (npr. autoputeva) utiče na smanjenje kako broj, tako i posledica saobraćajnih nezgoda, upravo zbog toga, zastupljenost brzih saobraćajnica u putnoj mreži može predstavljati dobru procenu stanja bezbednosti saobraćaja. Takođe, projektno-eksploatacione karakteristike saobraćajnica u smislu ispunjavanja saobraćajnih zahteva su takođe od izuzetnog značaja, jer je važno da odgovarajuća kategorija saobraćajnica "spaja" odgovarajuća naselja u pogledu veličine naselja. Prema projektu SAFETYNET naselja su u pogledu broja stanovnika podeljena na 5 kategorija i za svaku saobraćajnu vezu dva naselja predviđena je određena kategorija saobraćajnice. U Tabeli 1 dat je pregled kategorija saobraćajnica u zavisnosti od veličine naselja koja spajaju.

Tabela 1. *Pregled kategorija saobraćajnica u zavisnosti od veličine naselja koja spajaju*

veličina naselja (broj stanovnika)	**>200.000**	**100.000 – 200.000**	**30.000 – 100.000**	**10.000 – 30.000**	**<10.000**
>200.000	AAA	AAA	AA	indirektno	indirektno
100.000 – 200.000	-	AA	AA	VV	indirektno
30.000 – 100.000	-	-	VV	VV	VV
10.000 – 30.000	-	-	-	V	VV
<10.000	-	-	-	-	S

Izvor: (Hakkert et al, 2007)

gde su prikazane sledeće kategorije saobraćajnica:

- AAA – autoput sa minimum 2 saobraćajne trake po smeru,
- AA – put sa razdvojenih kolovoznim trakama i denivelisanim ukrštanjem,
- VV – put sa razdvojenim kolovoznim trakama i ukrštanjem u nivou,
- V – dvotračni put sa ukrštanjem u nivou (poželjno kružne raskrsnice),
- S – dvotračni put sa ukrštanjem u nivou.

Teoretski posmatrano velika naselja između sebe se povezuju tzv. brzim saobraćajnicama, dok je povezivanje manjih i srednjih naselja između sebe predviđeno ostalim kategorijama saobraćajnica. Sa druge strane, velika naselja sa malim naseljima se povezuju tzv. "indirektno", odnosno to podrazumeva da je predviđeno da se izuzetno malih naselja do velikih naselja i obrnuto može stići kombinacijom različitih kategorija saobraćajnica.

Praktično posmatrano, imajući u vidu prethodno navedeno kriterijume za definisanje tzv. adevatnih saobraćajnica, potrebno je utvrditi dužinu saobraćajnica, koje ispunjavaju kriterijum odgovarajućih saobraćajnih veza između različitih naselja i naravno utvrditi ukupnu dužinu putne mreže u posmatranom području. Sagledavajući prethodno navedeno, indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na procenat dužine adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže, bi se za posmatranu područnu jedinicu izračunavao primenom izraza:

$$IBSDAS_i = \frac{DAS_i}{DS_i} \cdot 100$$

gde je:

- $IBSDAS_i$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na dužinu adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- DAS_i – dužina adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- DS_i – ukupna dužina saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica

Objedinjavanje ovog indikatora bezbednosti saobraćaja na većem nivou, npr. na nacionalni nivo, može se sprovesti primenom izraza:

$$IBSDAS = \frac{\sum_{i=1}^{n} DAS_i}{\sum_{i=1}^{n} DS_i} \cdot 100$$

gde je:

- *IBSDAS* – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na dužinu adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže za veći nivo
- DAS_i – dužina adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- DS_i – ukupna dužina saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica
- *n* – broj područnih jedinica

U pogledu indikatora bezbednosti saobraćaja, koji predstavlja zastupljenost autoputeva u putnoj mreži, neophodno je poznavati dužinu autoputeva, ali i ukupnu dužinu putne mreže na teritoriji posmatrane područne jedinice. Imajući prethodno navedeno u vidu, indikator bezbednosti saobraćaja, koji se odnosi na zastupljenost autoputeva u okviru putne mreže područne jedinice, može se izračunati primenom izraza:

$$IBSZA_i = \frac{DA_i}{DS_i} \cdot 100$$

gde je:

- $IBSZA_i$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na zastupljenost autoputeva u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- DA_i – dužina autoputeva u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- DS_i – ukupna dužina saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica

a objedinjavanje za viši nivo se može sprovesti primenom izraza:

$$IBSZA = \frac{\sum_{i=1}^{n} DA_i}{\sum_{i=1}^{n} DS_i} \cdot 100$$

gde je:

- *IBSZA* – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na dužinu adekvatnih saobraćajnica u okviru putne mreže za viši nivo
- DA_i – dužina autoputeva u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- DS_i – ukupna dužina saobraćajnica u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica
- *n* – broj područnih jedinica

Da bi se odredio indikator bezbednosti saobraćaja, koji predstavlja ''gustinu autoputeva'', neophodno je prikupiti podatke o dužini autoputeva i površini posmatrane područne jedinice. Na taj način "gustina autoputeva" se može izračunati kao odnos ukupne dužine autoputeva i površine posmatrane područne jedinice, primenom izraza:

$$IBSGA_i = \frac{DA_i}{P_i}$$

gde je:

- $IBGA_i$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na gustinu autoputeva u okviru područne jedinice *i*
- DA_i – dužina autoputeva u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- R_i – površina područne jedinice *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica

Objedinjavanje indikatora bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na gustinu autoputeva, za viši nivo, može se sprovesti primenom izraza:

$$IBSGA = \frac{\sum_{i=1}^{n} DA_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i}$$

gde je:

- *IBGA* – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na gustinu autoputeva za viši nivo
- DA_i – dužina autoputeva u okviru putne mreže u područnoj jedinici *i*
- R_i – površina područne jedinice *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica
- *n* – broj područnih jedinica

2.2.2. Merenje indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na projektno-bezbednosne karakteristike puta

Projektno-bezbednosne karakteristike puta se prema dosadašnjoj praksi ocenjuju primenom tzv. RAP protokola i mapiranjem rizika. Na teritoriji Evrope primenjuje se tzv. EuroRAP ocena puteva. Ona podrazumeva da se u ocenu projektno-bezbednosnih karakteristika uključe karakteristike puta koje mogu imati uticaj na bezbednost puta (širina saobraćajnica, broj saobraćajnih traka, ukrštanja, itd). Sa druge strane, mapiranje rizika uzima u obzir posledice saobraćajnih nezgoda i dužinu svake od deonica puta. Za izračunavanje indikatora bezbednosti saobraćaja korišćenjem EuroRAP ocena bezbednosti puteva, neophodno je da postoje ocene za sve deonice svih kategorija saobraćajnica u okviru posmatrane područne jedinice. Na osnovu tako prikupljenih podataka ukupna ocena za određenu kategoriju saobraćajnice, za područnu jedinicu može dobiti primenom izraza:

$$IBSEuroRAP_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{r} EuroRAP_{jik} \cdot DD_{ijk}}{\sum_{k=1}^{r} DD_{ijk}}$$

gde je:

- $IBSEuroRAP_{ij}$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na projektno-bezbednosne karakteristike puta primenom EuroRAP-a na kategoriji saobraćajnice *j,* u okviru područne jedinice *i*
- $EuroRAP_{ijk}$ – EuroRAP ocena deonice puta *k*, koja pripada kategoriji saobraćajnice *j,* u okviru područne jedinice *i*
- DD_{ijk} – dužina deonice puta *k*, koja pripada kategoriji saobraćajnice *j,* u okviru područne jedinice *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica
- *j* – *j*-ta kategorija saobraćajnice
- *k* – *k*-ta deonica puta
- *r* – broj deonica puta

Objedinjavanje na viši nivo se može sprovesti primenom izraza:

$$IBSEuroRAP_{j} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{r} EuroRAP_{jik} \cdot DD_{ijk}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{r} DD_{ijk}}$$

gde je:

- $IBSEuroRAP_j$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na projektno-bezbednosne karakteristike puta primenom EuroRAP-a na kategoriji saobraćajnice *j* za viši nivo
- $EuroRAP_{ijk}$ – EuroRAP ocena deonice puta *k*, koja pripada kategoriji saobraćajnice *j,* u okviru područne jedinice *i*
- DD_{ijk} – dužina deonice puta *k*, koja pripada kategoriji saobraćajnice *j,* u okviru područne jedinice *i*
- *i* – *i*-ta područna jedinica
- *j* – *j*-ta kategorija saobraćajnice

- k – k-ta deonica puta
- n – broj područnih jedinica
- r – broj deonica puta

Indikator bezbednosti saobraćaja, koji uzima u obzir mapiranje rizika na deonicama puteva, a za određenu kategoriju saobraćajnice, za područnu jedinicu, može se dobiti primenom izraza:

$$IBSMR_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{r} MR_{jik} \cdot DD_{ijk}}{\sum_{k=1}^{r} DD_{ijk}}$$

gde je:

- $IBSMR_{ij}$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na projektno-bezbednosne karakteristike puta primenom mapiranja rizika na kategoriji saobraćajnice j, u okviru područne jedinice i
- MR_{ijk} –ocena dobijena primenom mapiranja rizika deonice puta k, koja pripada kategoriji saobraćajnice j, u okviru područne jedinice i
- DD_{ijk} – dužina deonice puta k, koja pripada kategoriji saobraćajnice j u okviru područne jedinice i
- i – i-ta područna jedinica
- j – j-ta kategorija saobraćajnice
- k – k-ta deonica puta
- r – broj deonica puta

Objedinjavanje prethodno navedenog indikatora bezbednosti saobraćaj na viši nivo može se sprovesti primenom izraza:

$$IBSMR_{j} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{r} MR_{jik} \cdot DD_{ijk}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{r} DD_{ijk}}$$

gde je:

- $IBSMR_{j}$ – indikator bezbednosti saobraćaja koji se odnosi na projektno-bezbednosne karakteristike puta primenom mapiranja rizika na kategoriji saobraćajnice j za viši nivo
- MR_{ijk} –ocena dobijena primenom mapiranja rizika deonice puta k, koja pripada kategoriji saobraćajnice j, u okviru područne jedinice i
- DD_{ijk} – dužina deonice puta k, koja pripada kategoriji saobraćajnice j u okviru područne jedinice i
- i – i-ta područna jedinica
- j – j-ta kategorija saobraćajnice
- k – k-ta deonica puta
- n – broj područnih jedinica
- r – broj deonica puta

Primenom prethodno navedenih postupaka dobijaju se indikatori bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na područne jedinice ili za više nivou (npr. nacionalni nivo) i to prema kategorijama saobraćajnica. U Srbiji se još uvek ne sprovode detaljna istraživanja, odnosno osewivawa puteva primenom RAP protokola, osim nekoliko pilot projekata. Predlog je da se, do uvođenja RAP protokola ocenjivanja u Srbiji, primenjuje ocenjivanje puteva sa projektno-bezbedonosnog aspekta primenom mapiranja rizika, za šta već postoje detaljno razvijene i već duži niz godina primenjivane metodologije istraživanja. Takođe, značajno je napomenuti da ocewivawe puteva primenom EuroRAP protokola još uvek nije u dovoljnoj meri zaživelo ni u najrazvijenijim zemljama i da se najčešće koriste indikatori bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na putnu mrežu (tačka 2.2.1 ovog rada).

3. PRIMER IZRAČUNAVANJA INIDIKATORA KOJI SE ODNOSE NA PUTEVE

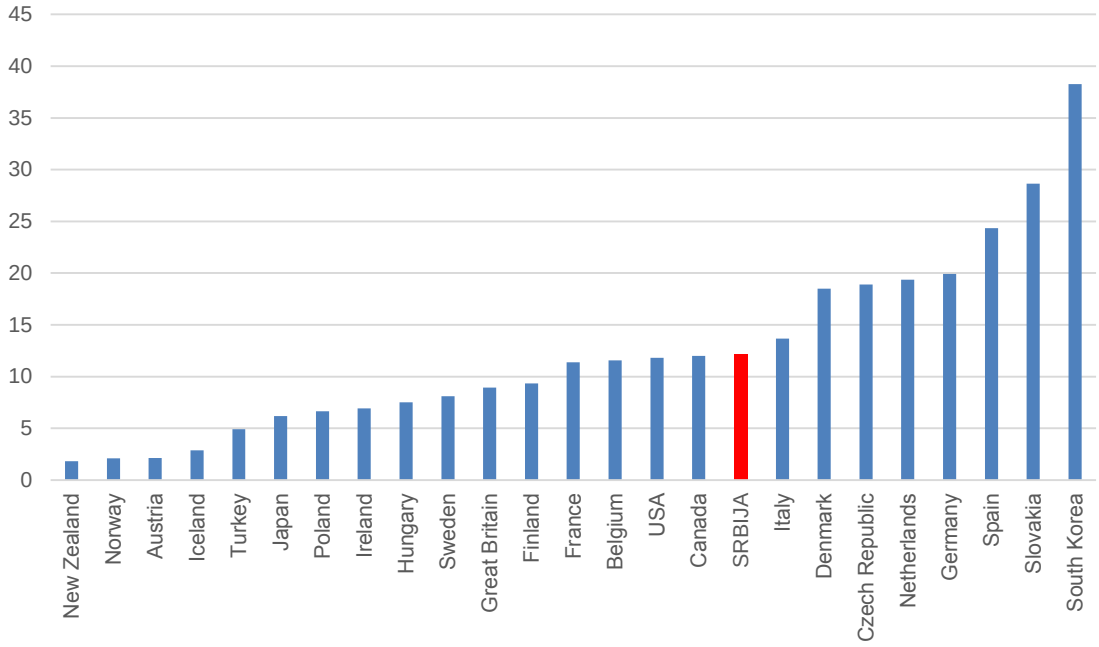
Za pokazni primer izračunavanja indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na puteve (ukupna dužina autoputeva, ukupna dužina putne mreže i površina zemalja OECD-a) uzeti su dostupni podaci na internetu (http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_OECD_countries_by_road_network_size, 20.03.2014.). Podatke za Srbiju u vezi dužine autoputeva i ukupnoj dužini putne mreže smo preuzeli sa zvaničnog sajta

Javnog preduzeća ''Putevi Srbije'' (http://www.putevi-srbije.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=85:putna-mreza-cir&catid=8:o-nama&Itemid=225&lang=rs, 20.03.2014.), a podatke o površini Srbije smo takođe preuzeli sa interneta (http://www.skforum.at/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=116&lang=sr, 20.03.2014.).

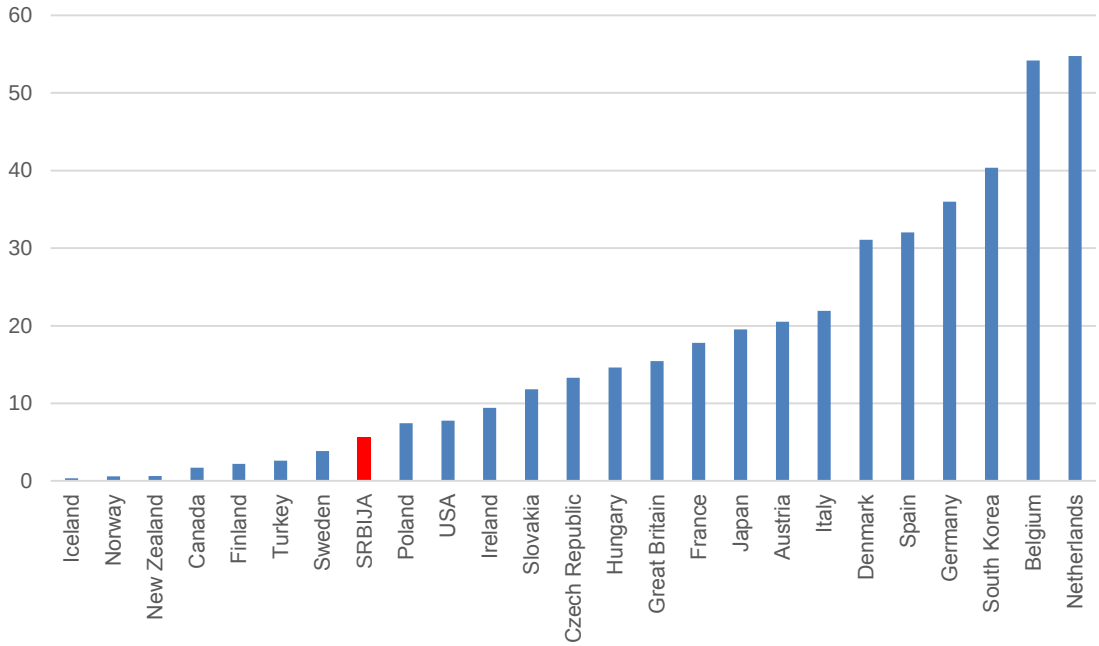
Na osnovu prethodnih podataka izračunali smo vrednosti indikatora bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na putnu mrežu i to za indikatore bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na zastupljenost autoputeva u ukupnoj putnoj mreži i za indikatore bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na gustinu autoputeva. Rezultati su prikazni u Tabeli 1 i na Slikama 2 i 3.

Tabela 1. *Vrednosti indikatora bezbednosti saobraćaja za putnu mrežu za zemlje OECD-a i Srbiju*

zemlja	km autoputeva na 1000 km ukupne putne mreže	km autoputeva na 1000 km^2 površine zemlje
Austria	2,12	20,51
Belgium	11,58	54,17
Canada	11,99	1,69
Czech Republic	18,92	13,31
Denmark	18,51	31,09
Finland	9,34	2,19
France	11,38	17,78
Germany	19,93	35,98
Great Britain	8,92	15,46
Hungary	7,52	14,63
Iceland	2,87	0,36
Ireland	6,92	9,43
Italy	13,66	21,94
Japan	6,19	19,54
South Korea	38,26	40,36
Luxembourg	50,79	56,84
Netherlands	19,36	54,76
New Zealand	1,83	0,64
Norway	2,09	0,60
Poland	6,66	7,46
Slovakia	28,66	11,83
Spain	24,34	32,04
Sweden	8,09	3,87
Turkey	4,92	2,61
USA	11,83	7,79
SRBIJA	**12,19**	**5,64**



Slika 2. *Vrednosti indikatora bezbednosti saobraćaja ''zastupljenost autoputeva u ukupnoj dužini putne mreže'' za zemlje OECD-a i Srbiju*



Slika 3. *Vrednosti indikatora bezbednosti saobraćaja ''gustina autoputeva'' za zemlje OECD-a i Srbiju*

Analizirajući oba indikatora bezbednosti saobraćaja može se zaključiti da razvijene zemlje, a posebno one koje važe za bezbednije zemlje, kao što su Nemačka, Holandija, Belgija, Velika Britanija i Danska imaju dobru razvijenost tzv. brzih saobraćajnica, odnosno autoputeva. Naime, zastupljenost autoputeva u ukupnoj putnoj mreži i pokrivenost površine autoputevima je na veoma visokom nivou za ove zemlje, pa se može zaključiti da ove zemlje imaju visoku bezbednost saobraćaja, kada se posmatra put. Sa druge strane, Srbija se nalazi u tzv. ''zlatnoj sredini'', pa samim tim bi sa izgradnjom dodatnih autoputnih kapaciteta imala priliku da se priključi najrazvijenijim zemljama sveta i podigne značajno nivo bezbednosti saobraćaja na putevima.

4. ZAKLJUČAK

Indikatori bezbednosti saobraćaja predstavljaju bilo koju meru koja je povezana sa stanjem bezbednosti saobraćaja, odnosno sa saobraćajnim nezgodama i posledicama tih saobraćajnih nezgoda (Pešić i Antić, 2012). Kako stanje puta i putne infrastrukture u značajnoj meri utiče na bezbednost saobraćaja, a što su pokazale brojne studije širom sveta, to je neophodno definisati i indikatore bezbednosti saobraćaja, koji će omogućiti praćenje stanja bezbednosti saobraćaja upravo praćenjem indikatora koji se odnose na puteve, odnosno na putnu infrastrukturu. Razvijene zemlje sveta su već decenijama unazad shvatile i počele da prate stanje puta kao jedan u nizu indikatora koji može ukazati na nebezbednost u saobraćaju i koji u značajnoj meri utiče na saobraćajni sistem. Na taj način omogućeno je ne samo praćenje stanja bezbednosti saobraćaja, već i mogućnost uočavanja potencijalnih problema, merenje efikasnosti primenenjenih mera za unapređenje bezbednosti saobraćaja, itd.

Srbija ima odličnu priliku da se u vrlo kratkom preiodu priključi najrazvijenijim zemljama sveta, ukoliko shvati da bi praćenje indikatora bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na puteve, bio značajan korak ka sistemskom i sistematskom upravljanju bezbednošću saobraćaja na putevima. Tokom 2013. godine Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet je zajedno sa Agencijom za bezbednost saobraćaja realizovao Projekat "Metode praćenja indikatora bezbednosti saobraćaja u Srbiji i njihov značaj za strateško upravljanje bezbednošću saobraćaja'', kojom prilikom su definisani osnovni, ključni indikatori bezbednsoti saobraćaja, koje Republika Srbija mora da prati na svim nivoima, kako na nacionalnom, tako i na lokalnom. Između ostalih, definisani su i predložena je metodologija za merenje indikatora bezbednsoti saobraćaja koji se odnose na puteve, odnosno na putnu infrastrukturu. Sa početkom praćenja indikatora bezbednosti saobraćaja, koji se odnose na puteve, stvorila se bi se mogućnost za kvalitetno i potpunije upravljanje sistemom bezbednosti saobraćaja, sa jedne strane, ali i putnom mrežom, sa druge strane, i naravno postigla bi se bolja sveukupna bezbednost saobraćaja na putevima Republike Srbije.

Literatura

[1] Elvik, R., Vaa, T. 2004. *The Handbook of Road Safety Measures*. Elsevier
[2] European Parliament Council. 2008. EU Road safety directive 2008/96.
[3] European Transport Safety Council (ETSC). 2001. *Transport Safety Performance Indicators*. Brussels. Dostupno preko: http://www.etsc.eu/oldsite/perfindic.pdf (20.03.2014).
[4] Hakkert, A.S., Gitelman, V. and Vis, M.A. (Eds.). 2007. Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet. Dostupno preko: http://erso.swov.nl/ safetynet/fixed /WP3/sn_wp3_d3p6_spi_theory.pdf (20.03.2014).
[5] Kukić, D., Lipovac, K., Pešić, D. and Vujanić, M. 2013. Selection of a relevant indicator – Road casualty risk based on final outcomes. Safety Science 53(1):165-177.
[6] Lipovac, K., Vujanić, M. i Tešić M. 2012. Predlog indikatora bezbednosti saobraćaja u lokalnoj zajednici sa načinom primene. 7. Međunarodna konferencija "Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Donji Milanovac, 117-124.
[7] Pešić, D., Antić, B. 2012. Značaj i mogućnost primene indikatora bezbednosti saobraćaja za lokalnu zajednicu. VII međunarodna konferencija "Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Donji Milanovac, 111-116.
[8] PIARC. 2003. *Road safety manual*.
[9] Vujanić, M., Pešić, D., Antić, B., Nešić, M., Pešić, S. D., Marković, N., Smailović, E., Rosić, M., Miljković, M., Cerović, M., Božović, M., Vujanić M. M. 2013. Projekat "Metode praćenja indikatora bezbednosti saobraćaja u Srbiji i njihov značaj za strateško upravljanje bezbednošću saobraćaja", Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Beograd
[10] Vujanić, M., Antić, B., Pešić, D. Smailović, E. 2014. Značaj indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na put, Put i saobraćaj 1, rad se nalazi u štampi
[11] World Health Organization (WHO). 2004. World report on road traffic injury prevention. Dostupno preko: http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/summary_en_rev.pdf (15.02.2014).
[12] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, Službeni glasnik RS br.41/2009, 53/2010 i 101/2011
[13] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_OECD_countries_by_road_network_size, 20.03.2014.
[14] http://www.putevi-srbije.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=85:putna-mreza-cir&catid=8:o-nama&Itemid=225& lang=rs, 20.03.2014.
[15] http://www.skforum.at/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=116&lang=sr, 20.03.2014.

PERCEPCIJA RIZIKA VOZAČA I NJEN UTICAJ NA NASTANAK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Marjana Čubranić-Dobrodolac,[1] Krsto Lipovac,[2] Svetlana Čičević,[3] Vladan Tubić[4]
Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 403I, Beograd
marjana@sf.bg.ac.rs, k.lipovac@gmail.com, s.cicevic@sf.bg.ac.rs, vladan@sf.bg.ac.rs

***Rezime**: Fenomen rizika je prisutan u svakoj čovekovoj aktivnosti. Na ponašanje u saobraćaju utiču rizici zaustavljanja, kontrole, otkrivanja prekršaja i kažnjavanja za prekršaj, kao i rizici drugih posledica: rizik učešća u saobraćajnoj nezgodi, rizik povređivanja, rizik smrtnog stradanja itd. U literaturi se razmatraju opšti i specifični, te objektivni i subjektivni rizik. Percepcija rizika je složena funkcija uzrasta i iskustva vozača. To se podjednako odnosi na prihvatanje rizika, ali i na njegovo pogrešno opažanje. Koncept rizika je posebno značajan u situacijama gde se pred vozača postavljaju izuzetno složeni zahtevi u smislu prilagođavanja ponašanja U okviru saobraćajne psihologije razvile su se brojne teorije u kojima koncept rizika ima ključnu ulogu. U radu će biti prezentovan prikaz najrelevantnijih teorija i istraživanja u oblasti percepcije rizika vozača.*

Ključne reči: percepcija rizika, ponašanje vozača, teorije rizika, saobraćajne nezgode,

1. UVOD

U Srbiji je u toku 2012. godine evidentirano 37.559 saobraćajnih nezgoda, od čega su 13.333 nezgode sa nastradalim licima, 12.718 nezgoda sa povređenim licima i 615 nezgode sa poginulim licima. U ovim nezgodama poginulo je 684 lica, a povređeno je 18.406 lica, (od čega je 3.545 teže i 14.861 lakše povređeno). U odnosu na ostatak putne mreže, najugroženije su deonice državnih puteva koje prolaze kroz naselja. Prema metodologiji jedinstvenog informacionog sistema MUP-a, na našim putevima najčešće okolnosti koje dovode do nastanka nezgoda su: neprilagođena brzina kretanja vozila, pogrešna procena saobraćajne situacije I izvođenje nepropisnih radnji vozilom u saobraćaju, kao i psihofizičko stanje vozača (na primer, vožnja pod dejstvom alkohola). Navedeni podaci ukazuju na važnost proučavanja prirode rizičnog ponašanja vozača kako bi se preduzele odgovarajuće mere za povećanje bezbednosti saobraćaja (ABS, 20013).

Učešće u saobraćaju zahteva od vozača sposobnosti, znanje, veštine i bezbedno ponašanje. Ovo zavisi od saobraćajne kulture, motivisanosti za vožnju i slično. Nedostatak nekog od ovih elemenata može dovesti do nastanka greške, koja za posledicu može imati pojavu saobraćajne nezgode. Kada se govori o dominantnim karakteristikama vozača, mnoga istraživanja su pokazala jaku povezanost između percepcije rizika i uključenosti u nezgode (Lipovac, 2008). Razumevanje faktora saobraćajnih nezgoda koji se tiču vozačeve procene rizika, povećava sposobnost da se definišu odgovarajuće mere i usmere akcije, kako bi se umanjile negativne posledice neadekvatnog ponašanja.

Uobičajena je podela rizika na opšti i specifični, kao i objektivni i subjektivni rizik. Opšti rizik se odnosi na sve učesnike u saobraćaju i ima važnu preventivnu ulogu u odvraćanju od činjenja prekršaja. Sa druge strane, specifični rizik se odnosi na određenu kategoriju učesnika u saobraćaju, npr. na prekršioce. Objektivni rizik se određuje (izračunava) na osnovu objektivnih podataka, kao količnik povoljnih realizacija i ukupnog broja realizacija. Subjektivni rizik se odnosi na percepciju rizika od strane čoveka, učesnika u saobraćaju, na njegov stav o konkretnoj pojavi, odnosno situaciji. Pojam subjektivnog rizika podrazumeva da vozač ili drugi učesnik u saobraćaju, poseduje sposobnost da dosledno i tačno predvidi rezultat raznih bihejvioralnih alternativa. McKenna (2006) smatra da se subjektivni rizik odnosi na psihološke dimenzije koje su u vezi sa percepcijom rizika.

[1] marjana@sf.bg.ac.rs

Sposobnost vozača da uoči i proceni opasnost na putu, prilagođavanje opaženim rizicima, kao i projektne i funkcionalne karakteristike puteva, determinišu bezbednost u saobraćaju. Pri pregledu mnogobrojne literature, postalo je jasno da opažanje opasnosti funkcioniše na različitim nivoima, kao i da je to samo početna faza u procesu sticanja osećaja za rizik i odlučivanja sa mogućim rizičnim ishodima.

Od najranijih istraživanja bezbednosti na putu, bio je prihvaćen stav da vozači modifikuju svoje ponašanje u skladu sa percipiranim stepenom rizika. Teorije ranijeg datuma sadržale su uverenje da vozači prilagođavaju svoju vožnju održavajući rizik na konstantnom nivou. Brojni eksperimentalni dokazi upućivali su na činjenicu da je veza između vožnje i rizika ipak dosta kompleksnija. Istraživači su se bavili pitanjima koliko dobro vozači uočavaju put i moguće rizike i opasnosti, koji faktori ih navode na to da ustanove da postoji rizik, i pitanjem o vezi između uočavanja mogućih rizika i voćevih osećaja za rizik. Istraživanja su pokazala da vozači najpre otkrivaju opasnosti koje se nalaze u njihovom centralnom vidnom polju i da vozači sa iskustvom imaju širi vidokrug od onih sa manje iskustva, u vezi sa njihovim različitim ponašanjem uočavanja. Od posebnog interesa, ipak, bilo je iznenadno otkriće da događaji i situacije koji se ocenjuju kao rizični i opasni variraju i različiti su od vozača do vozača, sa najvećom razlikom pronađenom sa vozačima koji imaju različit spektar iskustava.

2. TEORIJSKI MODELI RIZIKA

U jednom od najranijih istraživanja iz ove oblasti saobraćajne psihologije, Gibson i Kruk (1938) zagovarali su stav da vozači prilagođavaju vožnju, brzinu, kao i poziciju u saobraćajnoj traci prema procenjenom polju bezbednog rizika. Pretpostavljali su da vozači, kao bezbednu zonu, doživljavaju ograničen prostor koji okružuje vozilo. Oni izbegavaju odlaske iz bezbednih zona zbog mogućeg rizika i telesnih povreda kao i sudara sa drugim automobilima i preprekama. Veličina percipirane bezbedne zone varira od osobe do osobe i blisko je povezana sa opažanjem rizika. Za percepciju bezbednih zona, prema autorima od ključnog značaja su emocionalni činioci.

Posmatrajući zadatak vožnje na sličan način, Taylor je zaključio da emocionalna tenzija i anksioznost rezultiraju time da upravljaju brzinom vožnje i pozicijom vozača u traci (1964). Njegova hipoteza se temeljila na merenjima galvanskih odgovora na koži u dva izdvojena eksperimenta kod vozača koji su prelazili puteve sa različitim nivoima potencijalnog rizika. Merenje elektro-dermalne aktivnosti, zasnovano na promenama na koži, upotrebljava se kao psihološki indikator anksioznosti, straha i sličnih osećanja. Ove reakcije, vođene perifernim nervnim sistemom postale su glavne komponente pologrefskog ispitivanja i detetktora laži. Rezultati do kojih je autor došao u svojim istraživanjima pokazuju da su nivoi galvanskih odgovora kože u različitim deonicama puta u vezi sa brzinom kretanja vozila. Takođe, dokazano je da su nivoi galvanske reakcije direktno povezani sa iskustvom, tj. redukovani su kod osoba koje poseduju duži vozački staž.

Za Wilde-a (2002) ova teorija bila je polazna osnova za formiranje modela homeostaze rizika. Model se bazirao na uverenju da vozači poseduju unutrašnji ciljni nivo rizika i da će smanjiti ili povećati bezbednost svoje vožnje kako bi umanjili razliku između trenutno opaženog nivoa rizika i njihovog ciljnog nivoa rizika. Prema teoriji homeostaze, vozači percipiraju elemente rizika u okruženju i zatim, porede nivo tog rizika sa onim unutrašnjim ciljnim nivoom (prihvatljivim rizikom). Rezultat komparacije je da vozači prilagođavaju brzinu, poziciju u traci, i bezbednost, samim tim, kako bi percepirani rizik održali što je bliže moguće unutrašnjem nivou istog. Implikacije Wilde-ove teorije podrazumevaju da ukoliko je percipirani rizik veći od ciljnog nivoa rizika, vozači povećavaju svoje opreznije ponašanje, ali ukoliko je percipiranini nivo rizika niži od ciljnog nivoa, vozači povećavaju svoje nebezbedne manevre, sve dok se ciljni rizik ne približi percipiranom.

Empirijske provere teorije homeostaze rizika otkrile su brojne nekonzistentnosti i činjenice koje nisu u skladu sa njenim predviđanjima, uprkos njenoj originalnosti i novim, veoma značajnim idejama. Poboljšanje

projektnih i funkcionalnih karakteristika puteva, kao i ergonomskih preventivnih mera ne dovodi do dugotrajnijih efekata u smislu bezbednosti saobraćaja. Jedna od prvih implikacija teorije homeostaze rizika uočena je Švedskoj i na Islandu kada su ove zemlje uvele promenu od saobraćaja koji se kretao levom, ka saobraćaju koji se kretao desnom stranom. Na veliko iznenađenje stručne javnosti, stopa saobraćajnih nezgoda po glavi stanovnika je odmah opala, ali se nakon određenog vremenskog perioda vratila na prethodni nivo, u roku od dve godine u Švedskoj, i nakon desetak nedelja, na Islandu. Ova mera kao i brojne studije sprovedene u cilju provere postulata terorije homeostaze rizika, dokazale su da nema promena u osnovnim statistikama nezgoda u toku vremena i po broju stanovnika usled postojanja kompenzacije ponašanja. Pri tome, osnovna ideja je da zbog toga postoji konzistentan rizik koji održava broj nezgoda na konstantnom nivou.

Fuller-ov model ponašanja vozača definiše razliku između stručnosti i sposobnosti vozača (2006). Stručnost je veština vozača postignuta kroz veštinu kontrole, veštinu percepcije rizika i kroz sposobnost predviđanja i odbrambene veštine. Sposobnost je umeće vozača da svoj nivo stručnosti prilagodi datoj situaciji u saobraćaju. Autor ovog modela trvdi da problem u izvršavanju vozačkog zadatka nastaje usled neusklađenosti između pokušaja vozača da reaguje na zahteve zadatka i raspoloživih nivoa sposobnosti. Ukoliko zahtevi zadatka prevazilaze sposobnosti vozača, zadatak se percipira kao težek I rizičan. Rezultat takvog nesklada može dovesti do saobraćajne nezgode.

3. PERCEPCIJA RIZIKA I FAKTORI KOJI SE ODNOSE NA VOZAČA

Veliki broj empirijskih istraživanja o percepciji rizika fokusirao se na faktore vozača kao što su: uzrast, iskustvo, pol, faktori ličnosti itd. U daljem tekstu biće izloženi najzanimljiviji zaključci do kojih se došlo proučavajući uticaj pomentih faktora na percipiranje opasnih situacija u vožnji.

Kada se govori o saobraćajnim nezgodama, gotovo je neizbežno pomenti visoku zastupljenost mladih vozača u statistikama povreda i smrtnosti na putevima. Kako bi se bolje razumelo ponašanja mladih vozača, za početak, neophodno je sagledati neurofiziološke osnove; pre svega funkcije frontalnog režnja korteksa, a naročito prefrontalnog korteksa i njegovih veza sa drugim delovima mozga. Prefrontalni korteks je regija mozga kojoj je potrebno najduže vremena da bi se u potpunosti razvila. Smatra se da se njen razvoj završava u trećoj deceniji života. Prefrontalni korteks upravlja veštinama kao što su procena rizika, uspostavljanje prioriteta, organizacija planova i strategija, pokreti očiju, kontrola impulsa i emocija, empatija i sl. Kako su veštine neophodne za adekvatno sagledavanje rizika u saobraćaju kod mladih vozača još uvek u razvoju, često nedostaje neophodna percepcija opasnosti na putu. Postoji nekoliko ključnih faktora koji doprinose povećanoj stopi nezgoda kod mladih vozača. Najpre, kod mladih vozača proces učenja kontrole vozila je još uvek nedovršen, što dovodi do smanjenog kapaciteta pažnje prilikom neočekivanih zahteva na putu. Zatim, mladi vozači imaju lošu sposobnost predviđanja i identifikovanja opasnosti. Takođe, kod mladih vozača postoji pojačana sklonost ka učestvovanju u rizičnim situacijama, kao što su velike brzine i smanjeni intervali sleđenja u vožnji, što često predstavlja posledicu njihove prijemčivosti za usvajanje neprihvatljivih normi koje propagira njihova vršnjačaka grupa (Lee et al., 2008). McKenna i saradnici (2006) ukazali su na to da bi se percepcija rizičnih situacija u vožnji mogla značajno unaprediti u laboratorijiskim uslovima. Poboljšanje je moguće ostvariti korišćenjem video stimulusnih tehnika, tj. emitovanjem video snimaka. Prema mišljenju autora, na ovaj način mladi vozači bi mogli da poboljšaju nivo vozačkog iskustva za samo četiri sata treninga. Kada je reč o starijim vozačima, kao posebno ranjivoj kategoriji u saobraćaju, Horswill i saradnici (2010) ispitivali su procenu rizika kod 307 vozača starosti od 65 do 96 godina i tom prilikom došli su do podataka da su rasuđivanje i percepcija rizika starijih vozača uglavnom neobjektivni, tj. ne korespondiraju sa realnom procenom opasnosti u saobraćaju. Rezultati istraživanja ukazuju i na činjenicu da stariji vozači nisu u potpunosti svesni sopstvenih psihofizičkih ograničenja. Ono što je jako interesantno, u istraživanju je uočeno da stariji vozači imaju slabo izražen unutrašnji lokus kontrole; pokazalo se da teže da

okrive druge učesnike u saobraćaju za preuzeti rizik i retko sebe smatraju odgovornim za izazivanje saobraćajnih nezgoda.

U složenim istraživanjima koje je radio Chapman sa saradnicima (2004) ispitivane su razlike u strategijama vizuelnog pretraživanja kod iskusnih i neiskusnih vozača. Koristeći zadatak perifernog uočavanja kod učesnika koji su gledali video klipove, pronašli su da je neiskusnim vozačima bilo potrebno duže vremena za uočavanje predmeta u perifernom vidnom polju, kao i da su imali veću dužinu fiksacije, što, posredno, dovodi do smanjenja detekcije opasnih situacija u saobraćaju. Takođe, iskusni vozači bili su sposobni da adaptiraju svoju vizelnu pretragu pojedinačnim zahtevima na putu dok su neiskusni zadržali istu nefleksibilnu strategiju za sve tipove puta. Koristeći video test koji je improvizovao prave rizične situacije u saobraćaju, Berfu Ünal (2010) je pronašao da su neiskusni vozači bili znatno sporiji od iskusnijih vozača u spostobnosti uočavanja rizika izvan njihove saobraćajne trake. Već pomenuti autor Lee je sa saradnicima dizajnirao tri scenarija detekcije rizika koja su prezentovali ispitanicima u obliku video snimaka: saobraćajnu situaciju sa skrivenim znakom stop, saobraćajnu situaciju sa skrivenim pešakom, kao i treći scenario, identičan drugome uz dodatni zadatak kucanja sms poruka. Zatim su uporedili reakcije vozača sa manjim iskustvom u vožnji sa iskusnijim vozačima. Utvrdili su da značajno veći broj iskusnih vozača uoči većinu rizika na putu, uključujući skriveni znak stop i skrivenog pešaka. Skoro polovina neiskusnih vozača nije uspela da uoči rizike na putu zbog ometanja usled kucanja poruke i čak 95% njih nije uočilo pešaka.

Kada je reč o polnim razlikama i percepciji rizičnog ponašanja, smatra se da su muškarci skloniji precenjivanju sopstevih mogućnosti, preuzimanju nebezbednih manevara i uključenosti u saobraćajne nezgode, samim tim. Žene doživljavaju više rizičnijih situacija nego muškarci, i kao takve mogu pokazivati veći stepen osteljivosti za rizik nego muškarci. Mayhew i saradnici (2003), ukazali su da mladi vozači muškog pola pokazuju relativno slabije smanjenje u stopama nezgoda tokom vremena, u poređenju sa mladim vozačima ženskog pola.

Velikih broj karakteristika ličnosti dovođen je u vezu sa percepcijom rizika i sklonošću ka nezgodama kod vozača. Najčešće pominjane u literaturi su razne vrste socijalnih devijacija, agresija, impulsivnost, emocionalna nestabilnost i nedostatak altruizma (Ulleberg, 2002). Traženje senzacija pokazalo se takođe kao dobar prediktor rizičnog ponašanja vozača (Iversen & Rundmo, 2002). S obzirom na to da su saobraćajne nezgode relativno retki događaji, veoma je teško ustanoviti prediktivnu moć osobina ličnosti kada je reč o takvim incidentima. Međutim, relacije osobina ličnosti sa različitim oblicima ponašanja u vožnji koji se mogu okarakterisati kao manje ili više rizični, indirektno mogu dati neke podatke korisne za prevenciju saobraćajnih nezgoda.

4. PERCEPTIVNE KONTRAMERE

U stručnoj literature sve češće se ističe stav da vožnja ima automatsku komponentu u mnogim situacijama. Specifični događaji i situacije mogu proizvesti osećaj za povećani rizik ili poteškoću. Promene u saobraćaju i uslovima puta mogu rezultovati promenama u bezbednosnim marginama vozača bez ikakve odgovarajuće promene u njihovom iskustvu subjektivnog rizika. Drugim rečima, bihevjoralna adaptacija na promene u uslovima puta ne mora da bude rezultat vozačeve svesne refleksije na subjektivni rizik ili rezultat vožnje u teškim uslovima. Prilikom projektovanja puteva, moguće je preduzeti niz perceptivnih kontramera kako bi se uticalo na promenu ponašanja vozača na opasnim delovima puteva.

Lewis-Evans i Charlton (2006) koristili su simulirani vozački zadatak da ispitaju efekte širine puta na vozačeve sposobnosti i percepciju rizika. Očekivano, promene u širini puta dovele su do smanjenja brzine kretanja vozila kao i do bolje procene rizika od mogućnosti doživljavanja nezgoda. Autori naglašavaju da je do smanjenja brzine došlo usled proširenja vidnog polja i veće angažovanosti koja se od vozača zahteva kako bi obradio sve signale u širem vidnom polju.

Godley sa saradnicima je pokazao da poprečne linije na putevima takođe mogu imati uticaja na redukovanje brzine kod vozača (Godley et al, 2004). Pojedini autori sugerišu da postavljanje poprečnih linija na pristupima kružnim raskrsnicama ili na ulasku u ruralna naselja može dovesti do redukovanja brzine u rasponu od 4 km/h do 13 km/h, kao i do smanjenja stope saobraćajnih nezgoda za čak 50% (Elliott McColl,& Kennedy, 2003). Do sličnih efekata u promeni ponašanja vozača dovode i mere kao što su postavljanje tzv. zmajevih zuba (Slika 1) ili zvučnih traka.



Slika 1. *Zmajevi zubi kao perceptivne kontramere*
(izvor: www.sabre.roads.org.uk)

5. ZAKLJUČAK

Istraživanja u oblasti percepcije rizika i ponašanja vozača pokazala su veliki broj metodoloških problema i ograničenja. Relativno mali broj istraživanja sproveden je kako bi se ispitao sam proces opažanja rizika, nasuprot velikom broju studija koje su se bavile procesom preuzimanja rizičnih manevara u saobraćaju. Iz perspektive saobraćajnog inženjerstva, percepcija rizika je posebno inspirativna oblast jer pruža veću mogućnost manipulisanja prilikom projektovanja putnih karakteristika, dok se faktori motivacije i ličnosti teže kvantifikuju, te ih je, samim tim, teže kontrolisati. Prostorni, vremenski i sistemski aspekti percepcije rizika dobili su malo prostora u savremenim istraživanjima, iako se o njihovom značaju rasravljalo i u okviru nekih teorijskih analiza (teorija homesotaze rizika). Ne samo da ne postoji saglasnost u literaturi oko toga kako izmeriti subjektivan rizik, već ne postoje ni jasne smernice o tome kako izmeriti objektivni rizik, kako bi se pogrešno percipiranje saobraćajane situacije moglo lakše okarakterisati.

Suštinski problem, kojim se trenutno ne bave ni teorija a ni praksa, ogleda se u mogućnosti predviđanja i kvantifikovanja koristi ili šteta do kojih može doći kroz male promene u ponašanju vozača. Na primer, ukoliko neka promena na putu rezultuje malom, ali relativno održivom promenom u ponašanju vozača, teško je

proceniti koristi u smislu poboljšanja bezbednosti u saobraćaju. U budućnosti, istraživanja u ovoj oblasti trebalo bi koncipirati sa ciljem da se ispita kako različiti elementi puteva utiču na percepciju rizika, na promene u ponašanju i kako je na taj način moguće unaprediti bezbednost na putevima.

Literatura

(1) ABS, 2013, dostupno na sajtu: http: //www. abs.gov. rs /doc / Statisticki % 20 izvestaj % 20 % 20 stanju % 20BS%20u%20RS% 20za % 202012. Pdf
(2) Assum, T., Bjornskau, T., Fosser, S., & Sagberg, F. (1999). Risk compensation – the case of road lighting. Accident Analysis and Prevention, 31, 545-553.
(3) Auberlet J-M., Pacaux M-P., Anceaux,F., Plainchault, P., & Rosey, F. (2010). The impact of perceptual treatments on lateral control: A study using fixed-base and motion-base driving simulators. Accident Analysis and Prevention, 42, 166-173.
(4) Berfu Ünal, A. (2010). Discriminating Novice and Experienced Drivers Using Actual Driving Hazard Videos in Specific Risk Domains. Paper presented at the 27th International Congress of Applied Psy chology, Melbourne: International Association of Applied Psychology.
(5) Burdett, B. R. D. (2011). NZTA Rural Medians Trial. Paper presented at the The New Zealand Roadmarkers Federation Conference 2011. Rotorua: Zealand Roadmarkers Federation.
(6) Chapman, P., & Groeger, J. A., (2004). Risk and the recognition of driving situations. Applied Cognitive Psychology, 18, 1231-1249.
(7) Charlton, S. G. (2006). Conspicuity, memorability, comprehension, and priming in road hazard warning signs. Accident Analysis and Prevention, 38, 496-506.
(8) Charlton, S.G., & Starkey, N.J. (2011). Driving without awareness: The effects of practice and automaticity on attention and driving. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, doi:10.1016/j.trf.2011.04.010.
(9) Crundall, D., Chapman, P., Phelps, N., & Underwood, G. (2003). Eye movements and hazard perception in police pursuit and emergency response driving. Journal of Experimental Psychology: Applied, 9, 163–174.
(10) Elliot, M. A., McColl, V. A., & Kennedy, J. V. (2003). Road Design Measures to Reduce Drivers' Speed via 'Psychological'Processes: A Literature Review. Report number TRL564. Crowthorne, Berkshire, UK: Transport Research Laboratory.
(11) Elvik, R. (2004). To what extent can theoryaccount for the findings of road safety evaluation studies? Accident Analysis and Prevention, 36, 841-849.
(12) Fuller, R. (1991). Behavior analysis and unsafe driving: warning learning trap ahead! Journal of Applied Behavior Analysis, 24 (1), 73–75.
(13) Gibson, J. J, & Crooks, L. E. (1938). A theoretical field-analysis of automobile-driving. The American Journal of Psychology, 11, 453-471.
(14) Godley, S. T., Triggs, T. J., & Fildes, B. N. (2004). Perceptual lane width, wide perceptual road centre markings and driving speeds. Ergonomics, 47, 237-256.
(15) Horswill, M. S., Anstey K. J., Hatherly, C., Wood, J. M., & Pachana, N. A. (2011). Older drivers' insight into their hazard perception ability. Accident Analysis and Prevention, 43, 2121–2127.
(16)Iversen,H.& Rundmo,T.(2002) Personality,risk behaviour and accident involvement among Norwegian dr ivers. Personality and IndividualDifferences, Vol. 33(8), 1251-1263.
(17) Lee, S. E., Klauer, S. G., Olsen, E.C. B., Simons-Morton, B. G., Dingus, T. A. Ramsey, D. J., & Ouimet, M. C. (2008). Detection of road hazards by novice teen and experienced adult drivers. Transportation Research Record; 2078: 26–32.
(18) Lewis-Evans, B., & Charlton, S. G. (2006). Explicit and implicit processes in behavioural adaptation to road width. Accident Analysis and Prevention, 38, 610-617.
(19) Lipovac, K. (2008). Bezbednost saobraćaja, JP Službeni list, Beograd.
(20) Lund, A. K., & O'Neill, B. (1986). Perceived risks and driving behaviour. Accident Analysis & Prevention, 18, 367–370.
(21) Mayhew, D. R., Simpson, H. M. & Pak, A. (2003). Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving. Accident Analysis & Prevention, 35, 683–691.

(22) McKenna, F. P., Horswill, M. S. (2006). Risk takingfrom the participant's perspective: The case of driving and accident risk. Health Psychology. 25 (2), 163-17.
(23)Sagberg, F., & Bjørnskau, T. (2006). Hazard perception and driving experience among novice drivers. Accident Analysis and Prevention, 38, 407–414.
(24)Siren, A., & Kjær, M. R. (2011). How is the older road users' perception of risk constructed?Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 14, 222-228.
(25)Sjöberg, L. (2000). The methodology of risk perception research. Quality and Quantity, 34, 407-418. .
(26)Taylor, D. H. (1964). Drivers' galvanic skin response and the risk of accident. Ergonomics, 7, 439-451.
(27) Uchida, N., de Waard, D., & Brookhuis, K. A. (2011). Countermeasures to prevent detection failure of a vehicle approaching on collision course. Applied Ergonomics, 42, 540-547.
(28)Ulleberg, P. (2002). Personality subtypes of young drivers. Relationship to risktaking preferences, accident involvement, and response to a traffic safety campaign. *Transportation Research Part F*, *4*, 279-297.
(29)Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: Skill and awareness during inspection of the scene. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 5, 87–97.
(30)Wallis, T. S. A., & Horswill, M. S. (2007). Using fuzzy signal detection theory to determine why experienced and trained drivers respond faster than novices ina hazard perception test. Accident Analysis and Prevention, 39, 1177–1185.
(31)Wilde, G. J. S. (2002). Does risk homeostasistheory have implications for road safety? British Medical Journal, 324, 1149–1152.
(32)http://www.sabre-roads.org.uk/forum/viewtopic.php?f=1&t=14255&start=20

PRIMENA VREMENSKIH MODELA U ANALIZI FREKVENCIJE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA RURALNIM PUTEVIMA

Svetlana Bačaklić[1], basic@uns.ac.rs
Boško Matović, boskom@uns.ac.rs
Dragan Jovanović,draganj@uns.ac.rs
Fakultet tehničkih nauka, Departman za saobraćaj,Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad

Rezime: *Frekvencija saobraćajnih nezgoda tradicionalno predstavlja predmet velikog broja istraživanja. Prethodnih decenija javilo se mnoštvo različitih metodoloških pristupa modelovanja nastanka saobraćajnih nezgoda. Sa aspekta vremenske analize nastanka saobraćajnih nezgoda u dosadašnjoj praksi izdvojila su se dva pristupa: kolektivni (analizira saobraćajne nezgode u dužem vremenskom periodu) i pojedinačni (analizira saobraćajne nezgode u realnom vremenu). U radu je dat prikaz najznačajnijih vremenskih modela u analizi frekvencije saobraćajnih nezgoda.*

Ključne reči: *analize bezbednosti saobraćaja, vremenski modeli, saobraćajne nezgode*

1. UVOD

Saobraćajne nezgode na ruralnim putevima predstavljaju još uvek značajan problem bezbednosti saobraćaja. Na ruralnim putevima u OECD zemljama svake godine pogine više od 75.000 ljudi što predstavlja oko 60% svih poginulih u saobraćajnim nezgodama (OECD, 1999). U Velikoj Britaniji je 2012. godine od ukupnog broja poginulih njih 59% poginulo na ruralnim putevima (DfT, 2013). U Nemačkoj je 4.009 lica poginulo na putevima tokom 2011 godine, od čega je 2.441 lice poginulo na ruralnim putevima (što je oko 60% od ukupnog broja poginulih). Još lošija situacija je u Francuskoj gde je tokom 2011. godine 3.963 lica poginulo od posledica zadobijenih u saobraćajnim nezgodama, od čega je 2.867 život izgubilo upravo na ruralnim putevima (što je 72% od ukupnog broja poginulih) (Road Safet Report, 2013).

Razvoj metoda analize saobraćajnih nezgoda na ruralnim putevima zauzima važnu ulogu u savremenom pristupu upravljanja bezbednošću saobraćaja. Postojeći sistemi za praćenje nezgoda omogućavaju uvid u podatke o nezgodama koje su se desile na određenoj lokaciji ili mreži puteva. Upravljanje sistemom bezbednosti saobraćaja zahteva poznavanje i procenu budućeg stanja. Za efikasno suprostavljanje negativnim pojavama koje prate saobraćaj neminovno je raspolagati saznanjima o stanju bezbednosti saobraćaja u prošlosti, kao i onom koje trenutno oslikava sadašnjost, ali i onima koje je moguće očekivati u bližoj ili daljoj budućnosti, u zavisnosti od preduzetih mera prevencije. Otuda se jasno nameće i značaj vremenskih modela frekvencije saobraćajnih nezgoda.

Frekvencija saobraćajnih nezgoda tradicionalno predstavlja predmet velikog broja istraživanja, pri čemu se u prethodnom periodu javilo mnoštvo različitih metodoloških pristupa modelovanja nastanka saobraćajnih nezgoda (Lord and Mannering, 2010). Sa aspekta vremenske analize nastanka saobraćajnih nezgoda izdvojila su se dva pristupa: (1) kolektivni (Miaou and Lum, 1993; Milton and Mannering, 1998; Golob and Recker, 2003), koji utvrđuje učestalost saobraćajnih nezgoda tokom nekog dužeg vremenskog perioda i (2) pojedinačni (Hughes and Council, 1999; Lee, et al., 2003; Golob and Recker, 2004), koji analizira nastanak saobraćajnih nezgoda u realnom vremenu (Abdel-Aty and Pande, 2007).

Klasične vremenske analize ne pružaju odgovor gde i zašto prvo treba delovati. One su zapravo samo polazni koraci bez kojih je nemoguće započeti bilo kakvu analizu, ali nedovoljan za sprovođenje određenih mera. U okviru vremenskih analiza moguće je sprovesti mapiranje u vremenu i na taj način istaći kritične vremenske (kalendarske) intervale, ali u ovoj oblasti nije moguće postizanje nekog značajnijeg doprinosa (Bačkalić, 2013). Prva istraživanja bavila su se uticajem pojedinih faktora na promenu broja saobraćajnih nezgoda tokom vremena (promene po godinama) (Zlatoper, 1984; Broughton, 1991; Oppe, 1991). Pored toga, jedan broj istraživača prikazao je rezultate promene broja nezgoda po mesecima (Golob, et., al 1990; Levine, 1995; Folkard, 1997). Levine (1995) i Jovanović et al., (2010) su u okviru svog rada prikazali rezultate kombinacije raspodele nezgoda po vremenskim jedinicama (čas, dan, mesec).

Postoje brojni radovi koji pokazuju zavisnost između obima saobraćaja i broja saobraćajnih nezgoda (Brodsky and Hakkert, 1993; Golias, 1992; Qin et al., 2006). Kada se analizira frekvencija saobraćajnih nezgoda, akcenat se stavlja i na sezonski uticaj, tj. uticaj meteoroloških uslova na bezbednost saobraćaja (Edwards, 1999; Norrman et al., 2000; Andrey et al., 2003; Coate and Markowitz, 2004; Keay et al., 2005; Radun and Radun, 2006; Songchitruksa and Balke, 2006; Brijs et al., 2008; Andersson and Chapman 2011). Pojedini istraživači modelovali su uticaj saobraćajnog toka (prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja -

PGDS-a), broj pređenih kilometara po vozilu ili broj vozila koji prođe na određenom delu puta kao bitne pokazatelje izloženosti saobraćajnim nezgodama (Abdel-Aty and Radwan; 2000; Ivan et al.; 2000; Elvik and Vaa, 2004; Qin et al., 2006).

Vremenske serije se koriste za analizu i predviđanje određenih pojava, a u oblasti bezbednosti saobraćaja to može biti broj nezgoda, broj nastradalih, procenat korišćenja sigurnosnog pojasa i sl. Međutim, iako veoma dobro opisuju buduće promene određene pojave, vremenske serije ne pružaju mogućnost dubinske analize i delovanja u realnom vremenu (Bašić et al., 2010). Pregled dosadašnjih primena vremenskih serija u oblasti bezbednosti saobraćaja dat je u radu Commandeur et al. (2013), a tiče se istraživanja koje su vršena na nacionalnom nivou u Evropi od 1980. godine. U navedenom radu istaknut je napredak u oblasti tehnika vremenskih serija od deskriptivnih analiza do nezavisnih modela (Bergel-Hayat, 2012), kao i od determinističkih do stohastičkih modela pod okriljem strukturnih modela (Commandeur and Koopman 2007; Bijleveld et al. 2008; Commandeur et al., 2011; Durbin and Koopman 2012). Značaj metoda vremenskih serija pokazuje i projekat FP6 (Work Package 6) SafetyNet koji je posvećen primeni vremenskih serija u oblasti bezbednosti saobraćaja. U okviru programa, posebno u okviru metodoloških izveštaja i priručnika, mogu se pronaći detaljne informacije i koraci razumevanja primene vremenskih serija u oblasti bezbednosti saobraćaja (Dupont and Martensen, 2007a, 2007b; Commandeur et al., 2007; Stipdonk, 2008). Bergel-Hayat, R. (2012) je u svom radu prikazao istorijski pregled razvoja različitih modela vremenskih serija koji su se zasnivali na podacima o saobraćajnim nezgodama, riziku i njihove primene u Evropskim zemljama. Analizom dostupne literature, zaključeno je da je u okviru oblasti izučavanja vremenskih serija veoma dobro razvijen matematički aparat i odgovarajuće tehnike. Pored toga, potpuno je jasno da su teorijska istraživanja iz oblasti vremenskih serija gotovo u potpunosti vezana za oblast statistike. U datom okviru eksperti iz oblasti bezbednosti saobraćaja teško mogu dati značajniji naučni doprinos, osim u primeni već razvijenih metoda.

Dosadašnji pregled literature iz oblasti bezbednosti saobraćaja pokazuje da su se istraživači uglavnom bavili utvrđivanjem lokacija gde se saobraćajne nezgode najčešće događaju u nekom periodu vremena ili samo fluktuacijom broja nezgoda u vremenu. Analize su zahtevale procene frekvencije broja nezgoda i/ili stopu nezgoda i uzimale u obzir geometriju puta (broj traka), saobraćajne karakteristike (PGDS) deonice puta. Poslednjih godina primenjuju se nove kategorije studija bazirane na na trajanju otkaza "*hazard based duration model*" modelima koje posmatraju saobraćajne nezgode ili incidente u saobraćaju sa aspekta dužine trajanja od njihovog nastanka do ponovnog uspostavljanja saobraćaja. Modeli koji se zasnivaju na trajanju otkaza pripadaju klasi analitičkih modela koji se koriste za opisivanje podataka u funkciji vremena. Oni su pogodni za opisivanje događaja gde se normalno odvijanje neke aktivnosti prekida zbog uticaja nekog specifičnog događaja (Bhat and Pinjar, 2000; Washington et al., 2003). Ovakav način modelovanja je našao primenu u mnogim oblastima kao što su biomedicina, biostatistika, ekonomija, inženjerske discipline, društvene nauke. Nasuprot velike mogućnosti primene ovih modela u oblasti saobraćaja na osnovu pregleda literature uočen je mali broj radova na ovu temu (Jovanović et al., 2011, Bačkalić et al., 2013, Bačkalić et al., 2014).

2. RAZLIČITI PRISTUPI, OKVIRNI KONCEPT

Saobraćajne nezgode sa svojim posledicama nose velike društvene gubitke. Istraživači i eksperti iz oblasti bezbednosti saobraćaja neprestano se trude da prepoznaju i razumeju uticaj faktora na nastanak saobraćajne nezgode. Razumevanje uticaja faktora na nastanak saobraćajne nezgode od velike je koristi za definisanje strategija i planova bezbednosti saobraćaja. Problem sa kojim se eksperti susreću kod ovakvog pristupa razmišljanja je nepostojanje podataka o svim faktorima i merljivost njihovog uticaja (podaci o ubrzanjima, kočenju, odgovoru vozača na pojedine situacije u saobraćaju, uticaj spoljnih faktora, neposedovanje kompletnih podataka o karakteristikama saobraćajnih nezgoda, učesnicima i svemu onome što predstavlja uzoročno-posledičnu vezu nastanka nezgode). Otuda se veliki broj naučnih radova i studija zasniva na utvrđivanju uticaja faktora na nastanak određenog broja nezgoda na nakom geografskom prostoru (deonicama puta, raskrsnicama) tokom nekog specifičnog perioda vremena (sedmice, meseca, godine, decenije). Upravo takav način razmišljanja uticao je na razvoj dva pristupa analize frekvencija saobraćajnih nezgoda. Jedan je vremenski pristup (*eng. temporal*), a drugi prostorni (*eng. spatial*). Poslednjih godina ova dva pristupa uslovila su i pojavu trećeg, koji je nastao njihovom integracijom, i nosi opšti naziv prostorno-vremenske analize (*eng. spatial-temporal analysis*). Sva tri pristupa imaju određene prednosti i nedostatke. Detaljna klasifikacija metodoloških pristupa za analizu frekvencije saobraćajnih nezgoda (broj saobraćajnih nezgoda na deonicama puta ili raskrsnica), kao nove oblasti koja se razvija, prikazana je u više ključnih radova (Lord and Mannering, 2010; Savolainen et al., 2011; Mannering and Bath, 2013). Pored klasifikacije, autori navedenih radova ističu i važnost teme analize frekvencija saobraćajnih nezgoda i razvoja modela koji imaju značajnu primenu u oblasti saobraćajnih analiza.

3. VREMENSKI MODELI U ANALIZI FREKVENCIJE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

Značaj vremenske analize bezbednosti saobraćaja ogleda se u procesu sticanja sveobuhvatnog saznanja o stanju bezbednosti saobraćaja radi planiranja i sprovođenja odgovarajućih aktivnosti u cilju smanjenja broja saobraćajnih nezgoda. U okviru dosadašnjih istraživanja izdvojilo se nekoliko modela analize frekvencije saobraćajnih nezgoda sa vremenskog aspekta.

3.1. Modeli klasične deskriptivne analize

Značaj vremenske analize bezbednosti saobraćaja ogleda se u procesu sticanja sveobuhvatnog saznanja o stanju bezbednosti saobraćaja radi planiranja i sprovođenja odgovarajućih aktivnosti u cilju smanjenja broja saobraćajnih nezgoda. Početna istraživanja frekvencije saobraćajnih nezgoda bavila su se uticajem pojedinih faktora na promenu broja saobraćajnih nezgoda po godinama ili su prikazivali rezultate promene po mesecima, a jedan broj radova se bavio kombinovanjem raspodele nezgoda gde su ukrštane vremenske jedinice (čas, dan, mesec ili godina). U okviru statističkih izveštaja zemalja najčešće se prikazuju trendovi nezgoda, kao i raspodele nezgoda po godinama, mesecima, danima i časovima. Pored raspodele broja nezgoda tokom nekog vremenskog perioda sledeći korak u analizama predstavljalo je kombinovanje različitih parametara bezbednosti saobraćaja kao što su raspodela broja nastradalih prema kategoriji učesnika i satima, raspodela poginulih prema kategoriji učesnika i danima u sedmici, trend stradanja mladih učesnika u saobraćaju prema satima i dr. Početne analize saobraćajnih nezgoda sa vremenskog aspekta su od velike koristi za donosioce odluka kako bi se odlučili koje intervencije da preduzmu (signalizacija, kontrola alkohola, unapređenja u zoni škola, unapređenje biciklističkih i pešačkih zona, infrastrukturna unapređenja i dr.). Deskriptivna statistika može biti samo prvi korak u analizi podataka, ali ako je uzorak mali i period posmatranja kratak ona nije dobra pri donošenju dubljih zaključaka.

3.2. Modeli frekvencije saobraćajnih nezgoda sa empirijskog stanovišta

Sa empirijskog stanovišta, frekvencija saobraćajnih nezgoda se procenjuje u zavisnosti od uticaja različitih faktora kao što su geometrija puta (horizontalne i vertikalne krivine, širina bankine), karakteristike saobraćaja (PGDS, procenat teških teretnih vozila), meteorološki uslovi (kiša, sneg, led, magla, vidljivost) i dr. U procesu modelovanja očekivanog broja nezgoda, radi boljeg razumevanja uticaja faktora bezbednosti saobraćaja koji imaju uticaj na rizik od nastanka nezgode, istraživači koriste različite tipove modela. Počevši od jednostavnijih Poasonovih, negativnih binomnih/Poason gama modela, preko Poason-logonormalnih, Zero-inflated Poasonovih modela, GEE modela, zatim negativni multinominalnih, Zero state Markov switching modeli, Duration modela, do modela sa primenom neuronskih mreža (Lord and Mannering, 2010; Mannering and Bhat, 2013). Zbog različitih pristupa i primene statističkih tehnika u analizi frekvencije saobraćajnih nezgoda neki naučnici su predložili metodu tzv. „slobodne“ distribucije (*eng. distribution free*) za analizu saobraćajnih nezgoda. Ove metode uključuju stabla odlučivanja, i primenu tehnika veštačke inteligencije kao što su neuronske mreže (*eng. Artificial Neural Network*) (Abdel-Aty and Pande, 2007). Tako na primer, Chang and Chen, (2005); Abdel-Aty and Keller, (2005) usvojili su metodu klasifikacije i stablo regresije (*eng.Classification and Regression Tree-CART*), kao jednu od najčešće primenjivanih metoda za analizu procene frekvencije saobraćajnih nezgoda.

3.3. Vremenske serije

Vremenske serije su predmet značajnih istraživanja u različitim oblastima (ekonomija, medicina, meteorologija, hidrologija, poljoprivreda, demografija i dr.), a poslednjih godina našle su značajnu primenu u saobraćajnim analizama. Mnogi podaci u oblasti bezbednosti saobraćaja imaju karakteristiku vremenskih serija (skup podataka koji su raspoređeni na vremenskoj osi). Postupci neophodni za analizu bezbednosti saobraćaja uključuju i analizu podataka o nastanku nezgoda tokom vremena. Primeri takvih podataka, nazivaju se vremenske serije, i oni uključuju godišnji ili mesečni broj saobraćajnih nezgoda u nekoj državi, godišnji ili mesečni broj poginulih u saobraćajnim nezgodama, godišnji ili mesečni broj pređenih kilometara, mesečnu ili godišnju vrednost indikatora bezbednosti saobraćaja, podatke o upotrebi sigurnosnih pojaseva, konzumiranje alkohola i dr. Model vremenskih serija služi da se na osnovu prošlih prognoziraju buduće opservacije sa što manjom greškom. Korišćenjem raznih modela vremenskih serija izračunatu pojavu treba najpre opisati, zatim ako je moguće dati objašnjenja zašto i kako je do nje došlo, i naposletku predvideti njeno kretanje u narednom periodu. Kako bi se ostvarili definisani ciljevi, neophodna je primena različitih metodoloških i modelskih rešenja u okviru svakog koraka. Deskripcija, koja se najčešće vrši pomoću

grafičkog prikaza raspodele podataka tokom vremena, predstavlja prvu etapu na osnovu koje je moguće doneti određene zaključke (npr. da li treba primeniti i složenije statističke modele analize vremenskih serija).
Prilikom primene metodologije vremenskih serija, istraživačima često osnovni problem predstavlja izbor pogodnog teorijskog modela. Ne postoji upustvo koji model je najbolji, ali dobro odabran teorijski model omogućava ne samo precizno izučavanje postojeće serije podataka, već i prognozu njenog budućeg toka.
Pre pristupanja izbora modela treba utvrditi uzorački koeficijenti korelacije, kao i uzoračke parcijalne korelacione funkcije.

3.4. Prostorno-vremenski modeli frekvencija saobraćajnih nezgoda

Istraživanja prostorno-vremenskih (*eng. spatial-temporal*) šablona saobraćajnih nezgoda postala su aktuelna poslednjih godina (Li et al., 2007; Plug et al., 2011; Prasannakumar et al., 2011; Blazquez and Celis, 2012). Metode za identifikaciju i vizuelizaciju vremenskih opasnih mesta (npr. raspodela frekvencija saobraćajnih nezgoda po časovima i uočavanje opasnih sati) nisu bile značajno zastupljene u prethodnom periodu istraživanja. Jedan od najvažnijih pokazatelja za donosioca odluke je gde i kada sprovesti određene mere sa ciljem povećanja bezbednosti saobraćaja. Kao što je već pokazano u ranijim istraživanjima fluktuacija broja nezgoda (stopa nezgoda) u različitim vremenskim jedinicama (čas, dan, mesec i godina) sama po sebi je nepotpuna i nedovoljna, kao i frekvencija broja nezgoda na nekom prostoru posmatranja (kilometru, deonici, zoni). Ovo jasno ističe važnost veze raspodele broja nezgoda u prostoru i vremenu kao i značaj njihovog zajedničkog predstavljanja. Poslednjih godina u prostornim analizama napredak predstavlja primena GIS (Geografskog Informativnog Sistema). GIS ima sposobnost manipulacije sa raznim podacima o saobraćajnim nezgodama na jednostavan način, a daje mogućnost prikazivanja raspodele nezgoda u prostoru za željene jedinice vremena. Na ovaj način ostavaruje se veza između vremenske i prostorne raspodele nezgoda (Liang et al., 2005; Erdogan et al., 2008; Prasannakumar et al., 2011; Schultz et al., 2012).

3.5. Modeli zasnovani na posmatranju vremena između dva događaja

Dosadašnji pregled literature iz oblasti bezbednosti saobraćaja pokazuje da su se istraživači uglavnom bavili utvrđivanjem lokacija gde se saobraćajne nezgode najčešće događaju u nekom periodu vremena ili samo fluktuacijom broja nezgoda u vremenu. Analize su zahtevale procene frekvencije broja nezgoda i/ili stopu nezgoda i uzimale u obzir geometriju puta (broj traka), saobraćajne karakteristike (PGDS) deonice puta. Poslednjih godina primenjuju se nove kategorije studija bazirane na trajanju otkaza (*hazard based duration model*) modelima koje posmatraju saobraćajne nezgode ili incidente u saobraćaju sa aspekta dužine trajanja od njihovog nastanka do ponovnog uspostavljanja saobraćaja. Lord i Mannering (2010) u okviru svog preglednog rada o statističkim analizama frekvencije saobraćajnih nezgoda i metodologijama koje se primenjuju dali su kritički osvrt i na ove modele. Naime, oni su istakli da ovi modeli prevazilaze problem koji se javlja kod analize frekvencije saobraćajnih nezgoda jer uzimaju u obzir vremena između dve saobraćajne nezgode, što predstavlja suprotan pristup od posmatranja frekvencije saobraćajnih nezgoda tokom nekog vremenskog perioda. Model za analizu vremena između nastanka dve uzastopne saobraćajne nezgode na putevima definisali su Jovanović et al., 2011; Bačkalić et al., 2013. Analiza bezbednosti saobraćaja, odnosno analiza frekvencije saobraćajnih nezgoda u ovom modelu, kao izlazni rezultat daje pouzdanost puta i njegovih deonica što je od posebnog značaja za upravljača puta.

4. PRAKTIČNE PRIMENE MODELA

Za primenu bilo kog modela analize bezbednosti saobraćaja neophodno je da postoje što precizniji podaci o obeležjima saobraćajnih nezgoda, posledicama i ostalim uticajnim faktorima. Pored značaja postojanja baza podataka o saobraćajnim nezgodama, njihove pouzdanosti i kvaliteta informacija koje daju, sa aspekta matematičkih modela pojavljuju se i neke poteškoće koje eksperti moraju da uvaže prilikom modelovanja saobraćajnih nezgoda. Iako su saobraćajne nezgode jedini indikator bezbednosti saobraćaja nekog područja, analize frekvencija broja nezgoda imaju brojna ograničenja.
Neka od ograničenja su:
1. Saobraćajne nezgode su pojave koje retko nastaju, stoga je neophodno da protekne duži period kako bi se sakupila dovoljna količina podataka i na taj način izvršila procena bezbednosti saobraćaja;
2. Promena uticaja pojedinih faktora na nastanak nezgoda;
3. Etički problem očekivanja broja stradanja ljudi u saobraćaju kako bi se moglo delovati u cilju prevencije;
4. Nezgode su slučajni događaji, što znači da broj nezgoda koji se registruju na istom mestu nije isti svake godine, čak i ako se saobraćajna situacija nije promenila;
5. Postoji tzv. "*tamna brojka*" nezgoda koja se ne evidentira;

6. Pored problema u načinu sakupljanja podataka i njihovoj evidenciji postoje i drugi problemi sa kojima se susreću eksperti iz oblasti bezbednosti saobraćaja prilikom modelovanja. Lord i Mannering (2010), u svom radu su istakli i opisali detaljno neke od problema koji se javljaju sa uzorkom i podacima o saobraćajnim nezgodama.

Kako bi se izborili sa problemima koje nose podaci o saobraćajnim nezgodama i metodološkim pitanjima (koji bi mnogi mogli ugroziti statističku validnost analize ako nisu pravilno primenjeni), primenjuju se široki spektri metoda. Modeli koji se najčešće koriste u oblasti bezbednosti saobraćaja, a veći deo njih je već pomenut, detaljno su opisani od strane Lord and Mannering, (2010) koji u svom radu ističu određene prednosti i mane svakog od modela (Tabela 1).

Tabela 1. *Prikaz postojećih modela koji se koristi u analizi frekvencije saobraćajnih nezgoda*

TIP MODELA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
Poisson	Najjednostavniji model Lak za procenu	Nije dobar kod overdispersion i under-dispersion; Negativan uticaj na model kada je mala srednja vrednost
Negative binomial/Poisson-gamma	Laka za procene i primenljiva je kod overdispersion podataka	Nije dobra kod podataka under-dispersion; Nije dobra za male srednje vrednosti uzorka i male veličine uzorka jer može biti pristrasna
Poisson-lognormal	Mnogo je fleksibilnija od Poisson-gamma raspodele kod overdispersion podataka	Nije dobra kod podataka under-dispersion; Može dati nepovoljne rezultate za male srednje vrednosti uzorka i male veličine uzorka (ali manje nego Poisson-gamma), ne može da proceni različite parametre disperzije
Zero-inflated Poisson and negative binomial	Dobra je kod podataka koji imaju veliki broj observacija u kojima nije bilo nezgode	Može da dovede do teorijskih nedoslednosti, na nulti naduvani negativni binom može uticati mala srednja vrednost uzorka i mala veličina uzorka
Conway–Maxwell–Poisson	Može da radi sa podacima koji su overdispersion i under-dispersion, ili kod koje je prisutna kombinacija koristeći disperziju promenljivih parametara	Negativan uticaj male srednje vrednosti uzorka i pristrasnost malog uzorka, nema mogućnosti multivarijantnih ehtenzija
Gamma	Može da radi sa podacima koji su under-dispersion	Dual-state model with one state having a long-term mean equal to zero
Generalized estimating equation	Može da se primeni za vremenske korelacije	Može biti potrebno utvrditi ili proceniti tip vremenske korelacije, rezultati su osetljivi ukoliko nedostaju podaci
Generalized additive	Mnogo su fleksibilniji nego tradicionalni Generalized estimating equation modeli, dopuštaju nelinearne interakcije promenljivih	Relativno kompleksni za primenu, ne mogu se lako primeniti na druge skupove podataka
Random-effects	Može da se primeni za vremenske i prostorne korelacije	Ne mogu se lako primeniti na druge skupove podataka
Negative multinomial	Može da radi sa podacima koji su over-dispersion i imaju serijsku korelaciju; kod panel podataka (panel count data)	Nije dobra kod podataka under-dispersion; na rezultate utiču mala srednja vrednost uzorka i mala veličina uzorka
Random-parameters	Mnogo su fleksibilniji nego tradicionalni modeli sa fiksnim parametrom u proračunima kod kojih se ne uočava heterogenost	Komplikovani za procene, nisu lako primenjivi na drugim skupovima podataka
Bivariate/multivariate	Mogu se primeniti za modelovanje različitih vrsta nezgoda simultano, mnogo fleksibilnija funkcionalna forma nego kod Generalized estimating equation modela (mogu da koriste ne linearnu funkcije)	Komplikovani za procene, zahtevaju formulisanje matrice korelacije
Finite mixture/Markov switching	Mogu se primeniti za analizu disperzije kod podataka	Komplikovani za procene, nisu lako primenjivi na drugim skupovima podataka

Duration	Uzimaju u obzir vreme između nezgoda (što je suprotno frekvenciju nezgoda), omogućavaju dubinske analize podataka i efekata trajanja	Zahtevaju mnogo detaljnije podatke nego što je to potrebno kod tradicionalnih modela frekvencije saobraćajnih nezgoda., teško je raditi sa vremenski nezavisnim promenljivim
Hierarchical/multilevel	Može da se primeni za vremenske, prostorne i druge vrste korelacija između grupa	Nisu lako primenjivi na drugim skupovima podataka, teško se interpretiraju rezultati korelacije
Neural network, Bayesian neural network, and support vector mashine	Ne parametarski pristup ne zahteva prepostavke za distribucije podataka, fleksibilna funkcionalna forma, obično daju bolje statističko poklapanje nego tradicionalni parametarski modeli	Komplikovani za procene, nisu lako primenjivi na drugim skupovima podataka.

Izvor: (Lord and Mannering, 2010)

Modeli navedeni u Tabeli 1 zahtevaju dobre i sveobuhvatne baze podataka o saobraćajnim nezgodama, znanje eksperta i iskustvo u oblasti modelovanja bezbednosti saobraćaja.

Za upravljača puta od velike važnosti je znati koji model primeniti u cilju povećanja bezbednost saobraćaja. Modeli koji posmatraju vreme između dve saobraćajne nezgode za razliku od drugih modela koji se primenjuju za analizu frekvencija saobraćajnih nezgoda zahtevaju samo podatke o vremenu nastanka saobraćajne nezgode i lokalitetu. Ovi modeli imaju niz prednosti za upravljača puta. Jovanović et al., 2011; Bačkalić et al., 2013 su u okviru radova pokazali praktičnu primenu ovih modela u analizi frekvencija saobraćajnih nezgoda na ruralnim putevima. Predloženi model daje odgovor upravljaču puta gde da očekuje pojavu saobraćajne nezgode. Izlazni rezultat modela koji posmatra vreme između dve saobraćajne nezgode na ruralnim putevima je nivo pouzdanosti puta i njegovih deonica. Predloženi model ukazuje ne značaj usmeravanja pažnje na nebezbedne deonice (deonice na kojima se nezgode dešavaju velikom brzinom). Pošto se predloženi model bazira na sistemskom pristupu praćenja nastanka saobraćajnih nezgoda, on takođe omogućava određivanje verovatnoće nastanka određenog broja nezgoda na deonici puta, kao i putu u celini. Primenom datog modela, za put i deonice tokom definisanog vremenskog perioda, određuju se sledeći parametri:

- srednje vreme između dve uzastopne saobraćajne nezgode;
- učestalost saobraćajnih nezgoda;
- verovatnoća nastanka određenog broja saobraćajnih nezgoda na bilo kojoj deonici ili celom putu.

Predloženi model može poslužiti upravljaču puta kao značajan alat prilikom donošenja odluka o primeni mera bezbednosti saobraćaja na putevima. Na ovaj način odgovorno lice dobija informaciju o stanju bezbednosti puta u realnom vremenu. Naime, upravljač puta teži da vreme između dve uzastopne saobraćajne nezgode na nekom putu bude što duže, odnosno da brzina nastanka nezgoda bude što manja. Na taj način se povećava pouzdanost puta, a ujedno i sistema odvijanja saobraćaja. Raniji modeli prilikom rangiranja dva nezavisna puta prema bezbednosti saobraćaja zasnivaju se na jednostavnom poređenju broja nezgoda koje su se dogodile u istom definisanom periodu posmatranja. Problem se javlja onda kada je neophodno izvršiti poređenje pouzdanosti više puteva, a kada varira period tokom koga su dobijeni podaci. Jedna od glavne prednosti modela koji se zasniva na analizama vremenena između dve saobraćajne nezgode je dinamička komponenta vremena koja ujedno omogućava aktivno delovanje u realnom vremenu, a može se primeniti za podatke dobijene u relativno kraćem vremenu (sedmica, mesec, godina). Umesto pasivnog broja registrovanih saobraćajnih nezgoda koje su se dogodile u određenom periodu, predloženi model promoviše permanentno i aktivno praćenje i merenje vremena između dve nezgode.

5. ZAKLJUČAK I DISKUSIJA

Prethodna razmatranja jasno ukazuju da istraživanja frekvencije saobraćajnih nezgoda imaju veliku primenu u analizama bezbednosti saobraćaja (od primene osnovnih deskriptivnih analiza preko sofisticiranih statističkih metoda). Na osnovu analize modela zaključuje se da su podaci o saobraćajnim nezgodama od izuzetne važnosti za primenu bilo kog od opisanih modela.

Vremenski modeli pružaju značajne pogodnosti i oni predstavljaju početni korak u analizama bezbednosti saobraćaja. Omogućavaju uočavanje i praćenje trendova i definisanje ciljeva u budućnosti. Njihov glavni nedostatak je potreba za postojanjem istorije podataka o saobraćajnim nezgodama i faktorima koji doprinose nastanku. Naime, da bi se izvršila komparacija osnovni uslov je posmatranje iste pojave na definisanim

lokacijama (koje imaju slične karakteristike) u istom periodu vremena. Na osnovu iznetog, glavni problem je etičke prirode, jer eksperti iz oblasti bezbednosti saobraćaja najpre moraju da sačekaju da se nezgode dogode kako bi rešavali problem.

Pregled i detaljna analiza literature iz oblasti frekvencija saobraćajnih nezgoda dokazuje da je modelima koji posmatraju vreme između nastanka dve saobraćajne nezgode posvećeno najmanje pažnje u okviru dosadašnjih istraživanja iz oblasti bezbednosti saobraćaja. Prednost ovih modela je u lakoći primene (ne zahtevaju detaljne baze podataka, primenu nekih od komplikovanih matematičkih aparata) i brzini dobijanja odgovora gde najpre delovati u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja. Od velike koristi su posebno za zemlje u razvoju koje ne poseduju detaljne baze podataka i u tome se takođe ogleda značaj njihove primene.

Zahvale
Rad se zasniva na istraživanjima realizovanim u okviru projekta finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, br. projekta TR 36007.

Literatura

[1] Abdel-Aty, M., & Keller, J. (2005). Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections. Accident Analysis and Prevention, 37(3), 417−425.
[2] Abdel-Aty, M., Pande, A., 2007. Crash data analysis: collective vs. individual crash level approach. Journal of Safety Research 38 (5), 581–587.
[3] Abdel-Aty, M., Pande, A., 2007. Crash data analysis: collective vs. individual crash level approach. Journal of Safety Research 38 (5), 581–587.
[4] Abdel-Aty, M., Radwan, E., 2000. Modeling traffic accident occurrence and involvement. Accident Analysis and Prevention 32 (2000) 633–642.
[5] Andersson, A., Chapman, L., 2011. The use of a temporal analogue to predict future traffic accidents and winter road conditions in Sweden, Meteorological applications Meteorol. Appl. 18: 125–136.
[6] Andrey J., Mills, B. et al., 2003. Weather as a Chronic Hazard for Road Transportation in Canadian Cities., Natural Hazards 28: 319–343.
[7] Bačkalić, S., (2013) Temporal analysis of the traffic accidents occurence in Province of Vojvodina, Transport Problems, International scientific journal, Volume 8, Issue 1, The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, 8 Krasinskiego St., 40-019 Katowice, Poland, ISSN 1896-0596, page 87-93
[8] Bačkalić, S., Jovanović, D., & Bačkalić, T. (2014). Reliability reallocation models as a support tools in traffic safety analysis. Accident Analysis and Prevention, 65, 47-52.
[9] Bačkalić, S., Jovanović, D., Bačkalić, T., (2013'). „Application of the reliability theory in the traffic safety analysis on the rural road", Multidisciplinary Academic Conference 2013 Transport, Logistics and Information Technologies, Proceedings of MAC - TLIT 2013, Indexing – EBSCO, Google Books, Prague, ISBN Number: 978-80-905442-0-8
[10] Bašić, S., Bačkalić, T., Jovanović, D., (2010). Temporal and time series forecasting as a tool for traffic safety analysis, X International Symposium "ROAD ACCIDENTS PREVENTION 2010", Novi Sad, ISBN 978-86-7892-279-4.
[11] Bergel-Hayat, R., 2012. Time-series models of aggregate road risk and their applications to European countries. Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal 32, 211–246.
[12] Bergel-Hayat, R., 2012. *Time-series models of aggregate road risk and their applications to European countries*. Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal 32, 211–246.
[13] Bhat, C. R., & Pinjari, A. R. 2000. *Duration modeling*. Handbook of transport modelling, 6, 91-111.
[14] Bijleveld, F.D., Commandeur, J.J.F., Gould, P.G., Koopman, S.J., 2008. Model-based measurement of latent risk in time series with applications. Journal of the Royal Statistical Society A 171, 265–277.
[15] Blazquez, C. A., & Celis, M. S. (2012). A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Chile. Accident Analysis and Prevention.
[16] Brijs, T., Karlis, D., Wets, G., 2008. Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. Accident Analysis and Prevention. 40 (3), 1180–1190.
[17] Brodsky, H.; Hakkert, A. S., 1998. Risk of a road accident in rainy weather. Accident Analysis and Prevention. 20(3):161-176.
[18] Broughton, J., 1991. Forecasting road accident casualties in Great Britain. Accident Analysis and Prevention. 23(5):353-362.
[19] Chang, L. -Y., & Chen, W. C., 2005. Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. Journal of Safety Research, 36(4), 365−375.

[20] Coate, D., Markowitz, S., 2004. The effects of daylight and daylight saving time on US pedestrian fatalities and motor vehicle occupant fatalities. Accident Analysis and Prevention. 36, 351–357.
[21] Commandeur, J. J., Bijleveld, F. D., Bergel-Hayat, R., Antoniou, C., Yannis, G., & Papadimitriou, E., 2013. On statistical inference in time series analysis of the evolution of road safety. Accident Analysis and Prevention, 60, 424-434.
[22] Commandeur, J., Bjleveld, F., & Bergel, R., 2007. *A multivariate time series analysis applied to SafetyNet data*. SafetyNet Deliverable D7.7
[23] Commandeur, J.J.F., Koopman, S.J., 2007. *An Introduction to State Space Time Series Analysis. Practical Econometrics Series*. Oxford University Press, Oxford.
[24] Commandeur, J.J.F., Koopman, S.J., Ooms, M., 2011. Statistical software for state space methods. Journal of Statistical Software 41, 1–18.
[25] DfT. (2013). *Reported Road Casualties in Great Britain: notes, definitions, symbols and conventions.*
[26] Dupont, E. and Martensen, H. (Eds.), 2007. *Multilevel modelling and time series analysis in traffic safety research – Methodology*, Deliverable D7.4 of the EU, FP6 project SafetyNet.
[27] Dupont, E. and Martensen, H. (Eds.), 2007. *Multilevel modelling and time series analysis in traffic research – Manual*. Deliverable D7.5 of the EU FP6 project SafetyNet.
[28] Durbin, J., Koopman, S.J., 2012. *Time Series Analysis by State Space Methods*, 2nd edition. Oxford University Press, Oxford.
[29] Edwards, J., 1999. The temporal distribution of road accidents in adverse weather. Meteorol. Appl. 6, 59–68.
[30] Elvik, R., Vaa, T., 2004. The Handbook of Road Safety Measures. Elsevier.
[31] Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., & Gullu, M., 2008. Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. Accident Analysis and Prevention, 40(1), 174-181.
[32] Folkard, S., 1997. Black times: temporal determinants of transport safety. Accident Analysis and Prevention. Vol. 29. No. 4. DD. 417-430.
[33] Golias, J. C., 1992. Establishing relationships between accidents and flows at urban priority road junctions Accident Analysis and Prevention. 24(6):689-694.
[34] Golob, T. F.; Reeker, W. W.; Levine, D. W., 1990. Safety of freeway median high occupancy vehicle lanes: a comparison of aggregate and disaggregate analyses. Accident Analysis and Prevention. 22(1):19-34.
[35] Golob, T., Recker, W., 2004. A method for relating type of crash to traffic flow characteristics on urban freeways. Transportation Research Part A 38 (1), 53–80.
[36] Golob, T.F., Recker, W.W., 2003. Relationships among urban freeway accidents, traffic flow, weather, and lighting conditions. Journal of Transport 129 (4), 342–353.
[37] Hughes, R., Council, F., (1999). On establishing relationship(s) between freeway safety and peak period operations: performance measurement and methodological considerations. In: Presented at the 78th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, DC.
[38] Ivan, J.N., Wang, C.-Y., Bernardo, N.R., 2000. Explaining two-lane highway crash rates using land use and hourly exposure. Accident Anal. Prev. 32, 787–795.
[39] Jovanović D., Bašić, S., Mitrović, 2010. Injury Risk to Young Car Drivers in Traffic on Territory of Republic of Serbia, Transport Problems, International scientific journal, Volume 5, Issue 2, Silesian University of Technology Faculty of Transport, Katowice, Poland, ISSN 1896-0596
[40] Jovanović, D., Bačkalić, T., & Bašić, S. (2011). The application of reliability models in traffic accident frequency analysis. Safety Science, 49(8), 1246-1251.
[41] Keay, K., Simmonds, I., 2005. The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia. Accident Analysis and Prevention 37: 109–124.
[42] Lee, C., Hellinga, B., Saccomanno, F., 2003. Real-time crash prediction model for the application to crash prevention in freeway traffic. Transportation Research Record 1840, 67–78.
[43] Levine, N., Kim, K., et al., 1995. Daily fluctuations in Honolulu motor vehicle accidents. Accident Analysis and Prevention, Vol. 27, No. 6, pp. 785-796.
[44] Li, L., Zhu, L. et al., 2007. A GIS-based Bayesian approach for analyzing spatial–temporal patterns of intra-city motor vehicle crashes. Journal of Transport Geography 15 (2007) 274–285.
[45] Liang, L.Y., Mo'soem, D.M., Hua, L.T., 2005. Traffic accident application using geographic information system. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 6, 3574–3589.
[46] Lord and Mannering, 2010; Savolainen et al., 2011; Mannering and Bath, 2013
[47] Lord, D., Mannering, F., 2010. The statistical analysis of crash-frequency data: a review and assessment of methodological alternatives. Transportation Research Part A 44 (5), 291–305
[48] Mannering, F. L., Bhat, C. R., 2013. Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions. Analytic Methods in Accident Research.

[49] Martin, J., 2002. Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways. Accident Analysis and Prevention 34 (2002) 619–629.
[50] Miaou, S.-P., Lum, H., 1993. Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships. Accident Analysis and Prevention 25 (6), 689–709.
[51] Milton, J., Mannering, F., 1998. The relationship among highway geometrics, traffic related units and motor vehicle accident frequencies. Transportation 25 (4), 395–413.
[52] Norrman J, Eriksson M, Lindqvist S. 2000. Relationships between road slipperiness, traffic accident risk and winter road maintenance activity. Climate Research 15: 185–193
[53] OECD. (1999). *Safety Strategies for Rural Roads.*
[54] Oppe, S., 1991. Development of traffic and traffic safety: global trends and incidental fluctuations. Accident Analysis and Prevention 23(5):413-422.
[55] Plug, C., Xia, J., et al., 2011. Spatial and temporal visualisation techniques for crash analysis. Accident Analysis and Prevention 43 (2011) 1937– 1946.
[56] Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha, R., & Geetha, N. (2011). Spatio-temporal clustering of road accidents: GIS based analysis and assessment. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 21, 317-325.
[57] Qin, X., Ivan, J., Ravishanker, N. et al. 2006. Bayesian estimation of hourly exposure functions by crash type and time of day. Accident Analysis and Prevention. 38 (2006) 1071–1080.
[58] Qin, X., Ivan, J., Ravishanker, N. et al. 2006. Bayesian estimation of hourly exposure functions by crash type and time of day. Accident Analysis and Prevention, 38 (2006) 1071–1080
[59] Radun, I., & Radun, J. E., 2006. Seasonal variation of falling asleep while driving: an examination of fatal road accidents. Chronobiology international, 23(5), 1053-1064.
[60] Road Safet Report 2013 *Rural roads*, 2013. DEKRA Automobil GmbH
[61] Savolainen,P.,Mannering,F.,Lord,D.,Quddus,M.,2011.The statistical analysis of crash-injuryseverities: a review and assessment of methodological alternatives. Accident Analysis and Prevention 43(5),1666–1676
[62] Schultz, G. G., Johnson, E. S., Black, C. W., Francom, D., & Saito, M. (2012). Traffic & Safety Statewide Model and GIS Modeling (No. UT-12.06).
[63] Songchitruksa, P., Balke, K.N., 2006. Assessing weather, environment, and loop data for real-time freeway incident prediction. Transport Research Record, 105–113 (1959).
[64] Stipdonk, H.L. (Ed.), 2008. *Time series applications on road safety developments in Europe*. Deliverable D7.10 of the EU FP6 project SafetyNet.
[65] Washington, S. P., Karlaftis, M. G., & Mannering, F. L. 2003. S*tatistical and economic methods for transportation data analysis*. Chapman & Hall.
[66] Zlatoper, T. J., 1984. Regression analysis of time-series data on motor vehicle deaths in the United States. J. Transp. Econ. Policy. 18:263-274.

ПРЕГЛЕД АЛАТА ЗА ОЦЕНУ БЕЗБЕДНОСТИ ПУТА КОЈИ СУ ПРИМЕЊИВАНИ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Драгослав Кукић[1], Дарко Петровић[2], Крсто Липовац[3], Далибор Пешић[4]

Резиме: *Оцена безбедности пута представља значајан сегмент успостављања система управљања путном инфраструктуром. У складу са дефинисаним оценама безбедности на путу пројектују се и реализују мере и активности у циљу унапређења безбедности саобраћаја. Кроз оцењивање безбедности пута пружа се могућност сагледавања ефикасности реализованих мера. У стручној јавности постоји низ методологија – алата за оцену безбедности пута, који су научно доказивани и примењивани у пракси. Одабир алата зависи од приступа проблему безбедности пута, и може да обухвати паралелну примену више алата за коначну оцену. У раду су представњени алати за оцену безбедности пута који су претходних година примењивани у Србији, попут: методологије идентификације опасних места – црних тачака, европског и међународног програма за оцену безбедности пута (EuroRAP/iRAP) и модела избора релевантног ризика страдања за оцену безбедности пута. Овај рад приказује основне појединости и карактеристике алата за оцену безбедности пута који су примењивани у Србији. Практична примена алата разматрана је на примеру деонице државног пута IA-2 „Ибарска магистрала“ од Београда до Чачка. Упоредним сагледавањем алата истакнуте су њихове предности и недостаци (за и против), као и могућност адаптације на постојеће услове одређене стручним и друштвено политичким окружењем у Србији.*

Кључне речи: *безбедност пута, алати, оцена, ризик, опасна места*

1. УВОД

Основу унапређења безбдености саобраћаја чини препознавање и оцењивање постојећег стања. Начином на који се кванификује ниво безбедности саобраћаја одређен је и приступ на основу којег ће се вршито одабир мера и актвности, али и мерити њихова ефективност у унапређењу безбедности саобраћаја. У научној јавности још увек није препозната методологија која би показатеље безбедности саобраћаја сумирала у једну јединствену оцену стања, која би квалитативно и квантитативно на релевантан начин описивала стање безбедности саобраћаја. Досадашња истраживања у овој области су се бавила мерењем безбедности саобраћаја на више различитих начина (Al-Haji, 2007, Hermans et al., 2009, Exler, 2010, Gitelman et al., 2010, Pešić et al., 2010, Shen et al., 2012). Мерење безбедности саобраћаја применом појединих методологија има своје предности али и недостатке.

Рад садржи преглед изабраних модела за оцену безбедности пута, модел идентификације црних тачака и најновија истраживања оцене безбедности пута IA-2 „Ибарска магистрала“ од Београда до Чачка, применом модела EuroRAP/iRAP-a.

Циљ рада ефективно оцењивање стања безбедности саобраћаја применом алата за оцену безбедности пута и идентификацију црних тачака. Рад може бити добра смерница управљачима путева у процесу унапређења безбедности путева у њиховој надлежности. Оба алата безбедности саобраћаја која су представљна у раду могу се применити на мрежи локалних и државних путева као и на деоницама пута ван насеља и пута у насељу.

Саобраћјане незгоде и њихове последице настају као крајњи исход пропуста насталих у факторима безбедноси саобраћаја, човеку, путу и околини. Саобраћајне незгоде су директан показатељ безбедности саобраћаја, који безбедност квантификује на основу већ насталих последица, погинули и повређених учесника у саобраћајау. Стање безбедности саобраћаја на путу анализира се пре и након настанка незгоде, што омогућава формирање вредних закључака и стицање нових сазнања како би се предупредиле саобраћајне незгоде, али такође овакав приступ има и негативну димензију услед "чекања" да се незгода догоди како би се предузеле активности унапређења безбедности саобраћаја. Овакав приступ иницирао је велики број истраживања као би

[1] Мр Драгослав Кукић, начелник Одељења аналитике и статистике, Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије, drgoslav.kukic@abs.gov.rs, kukicdragoslav@gmail.com

[2] Дарко Петровић, инжењер за студије и истраживања, Агенција за безбедност саобраћаја, darko.petrovic@abs.gov.rs, petrovic22darko@gmail.com

[3] Проф. др Крсто Липовац, професор Криминалистичко полицијска академија и Саобраћајни факултет у Београду, k.lipovac@gmail.com

[4] Доц. др Далибор Пешић, асистент, Саобраћајни факултет у Београду, d.pesic@sf.bg.ac.rs

се формирали алати који би проценили безбедност на путу и пре настанка саобраћајних незгода и тиме практично предвидео проблем и предупредиле незгоде које могу настати као последица тих проблема. Оваквим деловањем се ствара простор за превентивно деловање усмерено на конкретне детаље који могу имати заначајан допринос у настанку саобраћајне незгоде, уколико активан приступ проблему изостане.
Прихватањем овог приступа оцењивању безбедности саобраћаја истраживачи су додатно мотивисани да раде на формирању најбољег модела и дефинисању показатеља којим би поуздано одредио степен угрожености у саобраћају. Број предложених показатеља који се могу користити у области безбедности саобраћаја је рапидно повећан, чиме је проширена димензија посматрања проблема безбедности саобраћаја.
У практичној примени ових алата често је доминантан економски утицај, када је управљач пута ограничен у погледу могућности да прати већи број параметара, примени више алата и делује само на одређени број локација на мрежи путева. Ова практична ограничења чине избор показатеља, степен анализе и избор методе пресудно значајним како би се доносиле ефектне и ефикасне одлуке у процесу одабира мера и активности унапређења безбедности саобраћаја.
Приликом избора опасног места, опасне деонице пута или територије обавезна је примена рангирања резултата истраживања и примена методе компарације. Најчешће примењиване технике које садрже рангирање резултата, односно сврставање добијених резултата у одговарајуће класе ризика и примену метода компарације су „Мапирање ризика“ (Eksler, 2008; Eksler et al., 2010; Kukić et al., 2013; EuroRAP, 2003; UsRAP, 2006; AusRAP, 2006) и „Идентификација црних тачака“ (Elvik, 1997; ERF, 2003). Оба алата садрже рангирање и класификацију резултата истраживања на посматраној путној мрежи или територији. Најчешће се рангирају стопе ризика добијене на основу броја и последица саобраћајних незгода. Уз помоћ добијених вредности стопа ризика одређује се степен угрожености посматраног места, деонице пута или територије.

2. ПРЕГЛЕД ИЗАБРАНИХ МОДЕЛА ЗА ОЦЕНУ БЕЗБЕДНОСТИ ПУТА И ИДЕНТИФИКАЦИЈУ ЦРНИХ ТАЧАКА

Идентификација опасних места на путевима је неопходан елемент за управљање опасним местима (менаџмент црних тачака и менаџмент безбедности мрежа путева), (Lipovac et al. 2013). Управљање опасним местима или црним тачкама на путевима поље од којег се у будућности очекује велики допринос у унапређењу безбедности саобраћаја на путевима. Интервенције на местима накупљања саобраћајних незгода сматрају се једним од најефективнијих приступа у превенцији саобраћајних незгода на путевима (European Communities, 2001, Asian Development Bank, 2003). Међу најзначајнијим фазама менаџмента црних тачака (BSM- Black Spot Management) и менаџмента безбедности мреже путева (NSM- Network Safety Management), поред анализе и третмана, издваја се идентификација опасних места, која представља процедуру за откривање таквих места на мрежи путева (Sorensen et al. 2008; Sadeghi, et al. 2013; Bil, et al. 2013).
Поред сталног ангажовања стручне јавности на формирању јединствене методологије идентификације опасних места, услед великог броја фактора утицаја који се разликују међу земљама у свету, још увек није препознат модел који би се издвојио као најефективнији. У научној и стручној литератури најчешће је препознат појам „црне тачке“ или „црне деонице“. У погледу прецизнијег одређивања тих појмова само се у појединим земљама дефинише појам „црна тачка“, док се термин „црна деоница“, „црна општина“ или нека друга црна територија још увек не дефинише. Општа, формална дефиниција ових појмова није формирана, али постоје модели који се заснивај уна праћењу "нагомилавања" одређеног броја саобраћајних незгода (без обзира на тежину последица) и модели који се заснивају на праћењу саобраћајних незгода на основу тежине последица. Сви модели који се примењују кроз анализу прате саобраћајне незгоде у периоду од 3 до пет година и њихову просторну расподелу.
Метод издвајања црних тачака, црних деоница или црних територија уско је повезан са политиком безбедности саобраћаја. Политика безбедности саобраћаја одређује приоритете деловања и економске капацитете који су на располагању за реализацију појединих активности безбедности саобраћаја. Политичка одлука у области безбедности саобраћаја мора да буде заснована на стручној основи и анализи, при чему се инсистира на *cost - benefit* анализи. Исправност и оправданост политичке одлуке тражи упориште у научним доказима ефективности расположивих алата. Аргументи политике безбедности саобраћаја уско су повезани начином интерпретације научно доказане методе за избор локације и мере безбедности саобраћаја која ће се применити

(Elvik, R., Vaa, T., 2004). То не значи да се издвајање најризичнијих јединица посматрања може вршити без поуздане методе, напротив, како би се обезбедио ефективан приступ треба користити све расположиве и доказане алате за селекцију и санацију делова путне мреже.
Истраживачи су усмерени да врше међусобно поређење добијених резултата анализираних индикатора, у оквиру посматране популације (црне тачке, деонице пута, општине, полицијске управе, окрузи, државе, региони и сл.). Анализом досадашње праксе у погледу избора критеријума за опредељивање црних тачака значајан број европских држава је дефинисао елементе које користи за препознавањецрних тачака (ERF, 2003). Дефиниције се разликују у погледу дужине деонице, у односу на број, тип (врсту) и последице саобраћајних незгода, као и временског периода у коме се саобраћајне незгоде догађају. Чак и код држава које су одлучиле да дефинишу црне тачке постоји дилема у погледу поузданости избора црне тачке. Дефиниције црних тачака се базирају на коначном одразу небезбедности израженог бројем и последицама саобраћајних незгода.
Као један од проблема ове методологије је и то што се саобраћајне незгоде сагледавају за период од више година у прошлости, на овај начин је отежано праћење промена које су се догодиле у погледу промене стања коловоза, пута и његове околине. Овај приступ захтева добрар преглед свих захвата који се реализују на мутној мрежи, као интервентни или као активности унапређења инфраструктуре. Евидентирање ових појединости је неопходно реализовати врло прецизно, како би се све промене узеле у обзир при разматрању евидентираних саобраћајних незгода и параметре утицаја пута на настанак посматраних незгода.
Приликом избора црних тачака у обзир се узима само апсолутни број саобраћајних незгода (и) или последица. Уколико се црна тачка разматра кроз дефиницију да је то деоница пута одређене дужине, на којој се у току одређеног временског периода догоди одређен број (минимални број) саобраћајних незгода, са одређеним последицама (дефинисан број незгода са погинулима и тешко повређенима), резултат ће бити да су црне тачке највећим делом смештене у најнасељенијим подручјима или на путевима са изразито великим обимом саобраћаја. Са стручног становишта овакав резултат се не може занемарити док са политичког становишта доношења одлуке, може послужити као аргумент за решавање проблема на најугроженијим деловима путне мреже. Када се разматра рангирање и издвајање ризичних територија, путева или деоница пута овај вид ограничења има знатно већи утицај на оправданост избора најризичнијих деоница, путева или територије.
Како би се овај проблем превазишао примењују се релативни показатељи – rates, код којих се број и последице саобраћајних незгода стављају у однос са величинама које описују изложеност у саобраћају (Al-Haji, 2007; Hermans et al., 2009; Wegman and Oppe, 2010; Zhang et al., 2010; Eksler, 2010). Број становника, број регистрованих моторних возила, и дужина путовања су три најчешће коришћене мере изложености ризику страдања у саобраћају (IRTAD, 2011).

2.1. EuroRAP[5] програм за мапирање ризика – Risk Mapping

Европски програм за мапирање ризика *EuroRAP*[6] *– Risk Mapping* је програм који разматра директне или коначне показатеље, односно мапирање ризика по деоницама путева врши на основу броја и последица саобраћајних незгода. *EuroRAP* програм мапирања ризика на деоницама путева је примењен у великом броју земаља и тенденција је да постане стандард у мерењу и мапирању ризика страдања на деоницама путева. Моделом се анализирају три варијанте ризика: (1) Индивидуални ризик страдања – *Crash risk per kilometer travelled*, (2) Колективни ризик страдања или *Crash density* и (3) Ризик страдања у односу на категорију пута – *Crash risk by road type*. Модел је јединствен по питању утврђивања опсега ризика страдања или рангова који се додељују посматраним деоницама пута. Ово је посебно важно због прменљивости модела за оцену безбедности путева у многим европским државама, без обзира на стање и квалитет путне мреже. Овај модел, као и многи други који разматрају питања и предлажу решења проблема мерења у области безбедности саобраћаја, захтевају виши ниво квалитета приликом прикупљања података о обележјима саобраћајних незгода и постојање квалитетних база података.
Након развоја *EuroRAP* (европског) програма за оцену безбедности путева, уследио је развој *iRAP* (међународног), *AusRAP* (аустралијског) и *UsRAP* (америчког) програма, који се у великој мери наслањају на *EuroRAP* програм уз одређене разлике.

[5] EuroRap – Road Assessment Programme – Европски програм за оцену безбедности пута
[6] European Road Assessment Programme

2.2 iRAP – Star Rating програм за оцену безбедности пута системом звездица

iRAP програм за оцену безбедности пута системом звездица (Star Rating) дефинисао је скуп података којим се оцењујестање безбедности саобраћаја на путевима. Оцене или број звездица су у распону од 1 до 5, где је најнижа оцена представљена једном добијеном звездицом, док је највиша оцена за безбедност пута представљена са 5 добијених звездица. Оцењивање се веши на основу података прикупљених путем снимака пута. Ово снимање се врши специјалним возилом са одговарајућим GPS уређајима и камерама и уређајима неопходним за прикупљање података о путу. Подаци се прикупљају путем снимањем на терену. Анализом филмова са терена применом специјалног поступка кодирања и декодирања снимљених параметара пута. Као додатни алат за анализу, у оквиру iRAP програма развијен је специјални VIDA софтвер, погодан за анлитичку обраду података и представљање резултата. Опрема коју садржи возило специјализовано за снимање карактеристика пута обезбеђује фотографисање на сваких 10 метара пређеног пута, при чему се свака фотографија и уређени скуп података упарују са GPS координатама. Програм iRAP – Star Rating оцењује безбедност пута са аспекта безбедности: возача и путника у путничким возилима, пешака, мотоциклиста и бициклиста.

2.3 Модел за идентификацију опасних места – црних тачака применом пондерисаног броја саобраћајних незгода

Модел за идентификацију црних тачака коришћењем пондерисаног броја саобраћајних незгода је један од многобројних примера издвајања најопаснијих делова пута на основу објективног ризика страдања израженог бројем и последицама саобраћајних незгода. Модел подразумева додељивање тежинских коефицијената тзв. пондера у зависности од тежине (врсте) саобраћајне незгоде. Пондери се одређују на основу укупних друштвених трошкова које носе поједине врсте страдања у саобраћајау. Најчешће се преточени трошкови страдања изражени међусобним односом претварају у пондере за поједине врсте саобраћајних незгода. Овим приступом се све саобраћајне незгоде изражавају кроз саобраћајне незгоде са лаким телесним повредама. Република Србија још увек није дефинисала вредности пондера за поједине врсте страдања, па се дефинисани односи између врста или последица саобраћајних незгода преузимају од Министарства саобраћаја Велике Британије, односно из истраживања коју подржава једна од најнапреднијих земаља у области безбедности саобраћаја. За потребе последње идентификације и анализе опасних места у Србији утврђене су вредности пондера за поједине врсте саобраћајних незгода:

- СН ЛТП (незгоде са лаким телесним повредама) – вредност пондера 1
- СН ТТП (незгоде са тешким телесним повредама) – вредност пондера 13
- СН ПОГ (незгоде са погинулим лицима) – вредност пондера 99.

2.4 *Модел селекције релевантног индикатор – ризика страдања у саобраћају на основу коначних показатеља*

Приликом избора одређене групе ризика, поставља се питање правилног одабира коначних показатеља, који ће на најрепрезентативнији начин презентовати ризик на дефинисаној јединици посматрања. У недостатку дефинисаних критеријума за ово одређење у раду Kukić et al., 2013, предложено је издвајање само једне категорије стопе ризика у оквиру целе посматране групе ризика. Приликом избора податка о врсти и последицама саобраћајне незгоде примењен је модел за избор релевантне стопе ризика израчунавањем коефицијента линеарне корелације између посматраних стопа ризика у оквиру исте групе ризика (јавни, саобраћајни, динамички ризик и сл.). Модел је примењен на територијама општина и полицијских управа у Србији, али је у оквиру модела предвиђена могућност избора ризика за оцену безбедности путева.

3. РЕЗУЛТАТИ ОЦЕНЕ БЕЗБЕДНОСТИ ПУТА И ИДЕНТИФИКАЦИЈЕ ОПАСНИХ МЕСТА НА ДРЖАВНОМ ПУТУ IA-2 „ИБАРСКА МАГИСТРАЛА“

3.1 Резултати примене модела за идентификацију опасних места – црних тачака на деоници пута *IA-2* између Београда и Чачка

Током 2011. године у Србији је реализован пројекат идентификације опасних места и пуњења базе података о опасним местима на државним путевима. Наручилац пројекта било је ЈП „Путеви Србије“, док је извршилац пројекта био Криминалистичко–полицијска академија са својим стручним тимом. Анализа саобраћајних незгода на државним путевима обухватила је и пут *IA-2* „Ибарску магистралу“. За избор и идентификацију опасних места која су унета у базу података о опасним местима примењен је *Модел за идентификацију опасних места – црних тачака коришћењем пондерисаног броја саобраћајних незгода.* С обзиром да Република Србија још увек нема дефиницију опасног места или црне тачке, за потребе овог пројекта дужина потеза која је разматрана била је одређена на 300m, с тим што се у случају кривина већег радијуса или концентрације саобраћајних незгода на нешто дужем делу пута (не дужем од 800m), и тај потез анализирао као „црна тачка“ на путу. На основу овог моделе идентификована су опасна места на државним путевима, а потом је извршено и њихово рангирање.
Применом поменутог модела на деоници Ибарске магистрале између Београда и Чачка издвојена су четири опасна места – црне тачке. Анализа саобраћајних незгода за потребе идентификације црних тачака обухватила је период од 2008. до 2010. године. За израчунавање вредности ПБСН-а, коришћена је следећа формула:

$$PBSN = Br.SNLTP \times P1 + Br.SNTTP \times P2 + Br.SNPOG \times P3 \quad (1)$$

где је,

Br.SN LTP – број саобраћајних незгода са лаким телесним повредама,

Br.SN TTP – број саобраћајних незгода са тешким телесним повредама и

Br.SN POG – број саобраћајних незгода са погинулим лицима

док је,

P1 – вредност пондера =1,

P2 – вредност пондера =13 и

P3 – вредност пондера =99.

Табела 1. *Опасна места – црне тачке на деоници пута IA-2 од Београда до Чачка*

Ознака пута	Назив деонице пута	Назив опасног места – црне тачке	Апсолутна стационажа	ПБСН
IA-2	Београд – Чачак	Ћелије	263+900 – 264+100	112
IA-2	Београд – Чачак	Бранчић-Моравци	283+700 – 284+000	100
IA-2	Београд – Чачак	Адамовића кривина	284+960 – 285+160	212
IA-2	Г. Милановац - Чачак	Неваде	322+700 – 323+000	99

3.2 Резултати примене мапирања ризика на основу EuroRAP методологије – Risk Mapping на деоници пута IA-2 између Београда и Чачка

Мапирање ризика је извршено у оквиру пилот пројекта оцене безбедности пута *IA-2* „Ибарска магистрала“, од Београда до Чачка, на дужини од 131,1*km*, на основу броја и последица саобраћајних незгода у периоду од 2010-2012. године, применом *EuroRAP – Risk Mapping* методологије.
Прва активност током реализације пилот пројекта подразумевала је дефинасање *EuroRAP* деоница *на основу* постојећих деоница пута *IA-2* од Жаркова (Београд) до Прељине (Чачак). За дефинисане *EuroRAP* деоница обављена је агрегација, односно спајање појединих постојећих деоница, у циљу добијања дужине не мање од 5km, што је у складу са *EuroRAP* програмом.

Такође, *EuroRAP* програм носи још низ захтева на основу којих се врши формирање деонице, а првенствено се односе на струкутуру тока, попречни пресек саобраћајнице, окружење саобраћајнице и слично. Након извршене агрегације утврђени су тражени параметри (вредност ПГДС-а, координатни почетак и завршетак деонице, стационажа почетног и завршног чвора, број и последице саобраћајних незгода, израчунавање корекционог фактора, израчунавање вредности ризика...) на тзв. *EuroRAP* деоницама.
Мапирање ризика у складу са *EuroRAP* методологијом реализује се на основу података о броју саобраћајних незгода са погинулим лицима и броју саобраћајних незгода са тешко повређеним лицима. Овом методологијом нису обухваћене саобраћајне незгоде са лако повређеним лицима и не анализира се број и последице саобраћајних незгода.
Применом *EuroRAP* методологије анализиране су три врсте ризика: 1) индивидуални ризик страдања 2) колективни ризик страдања и 3) ризик страдања у односу на категорију пута.

Табела 2. *Вредности индивидуалног ризика страдања по деоницама и дужине деоница*

Р. бр. деонице	Деоница, почетни – завршни чвор	Дужина деонице	Вредност ризика
1	Жарково Кружни пут (Кнежевац)	5,40	81,4
2	Кружни пут (Кнежевац) - Рушањ	8,00	36,2
3	Рушањ - Вранић	8,20	44,0
4	Вранић - Степојевац (Велики Црљени)	13,70	78,8
5	Степојевац (Велики Црљени) - Лазаревац 1	13,80	42,7
6	Лазаревац 1 - Жупањац	8,60	56,8
7	Жупањац - Дудовица	6,40	122,9
8	Дудовица - Љиг (Мионица)	10,40	67,5
9	Љиг (Мионица) - Дићи	8,70	202,5
10	Дићи - Угриновци	9,60	57,3
11	Угриновци - Бућин Гроб	10,80	128,6
12	Бућин Гроб - Горњи Милановац	12,30	94,6
13	Горњи Милановац - Прељина	15,20	76,9

У наставку представљени су резултати индивидуалног ризика страдања (Табела 2), који се израчунава применом следеће формуле:

$$IR = \frac{Br.SNPOG + Br.SNTTP}{\frac{L \cdot PGDS \cdot 365 \cdot Br.god}{10^{9}}} \qquad (2)$$

где је,

IR – Вредност индивидуалног ризика страдања на деоници,
L – дужина деонице у километрима (km),
PGDS – вредност просечног годишњег дневног саобраћаја на деоници и
Br.god – број година у којима су се догодиле посматране саобраћајне незгоде.

Деонице са највећом вредношћу ризика су 7, 9 и 11. Највећи број саобраћајних незгода на овим деоницама припада виду незгоде „чеони судар моторних возила“. Поред овог вида незгода, на високо ризичним деоницама добијеним на основу анализе индивидуалног ризика страдања, издваја се и вид незгоде „излетање возила са пута“. У односу на индивидуални ризик страдања израчунат применом *EuroRAP* методологије ниједна деоница на потезу од Београда до Чачка није оцењена као деоница са веома ниским нивоом ризика.

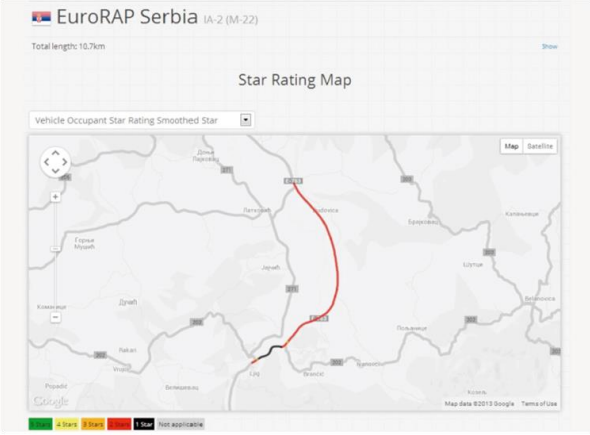
3.3 Резултати примене iRAP –Star Rating методологије за оцену безбедности пута на деоници пута IA-2 између Београда и Чачка

Као део истог пројекта оцене безбедности пута IA-2 „Ибарска магистрала“ између Београда и Чачка, након мапирања ризика применом EuroRAP методологије извршено је снимање и оцена пута применом iRAP методологије систем звездица, тзв. Star Rating. Добијени резултати приказани су у табели 3.

Tabela 3. *Процентуално учешће појединих оцена пута IA-2 „Ибарска магистрала“ системом звездица*

	Путничка возила	Мотоцикли	Пешаци	Бициклисти
Star Rating	Проценат (%)	Проценат (%)	Проценат (%)	Проценат (%)
5 звездица	0%	0%	0%	0%
4 звездице	1%	0%	0%	0%
3 звездице	29%	9%	0%	3%
2 звездице	58%	56%	8%	23%
1 звездица	12%	35%	92%	74%
Укупно	100%	100%	100%	100%

Снимањем и оцењивањем безбедносних карактеристика пута закључено је да највећи проценат снимљених деоница Ибарске магистрале између Београда и Чачка за путничка возила, односно 58% укупне дужине снимљеног пута има 2 звездице, 29% је оцењено са 3 звездице, 12% са 1 звездицом и 1% са 4 звездице.



Слика 2. *Оцена деонице Дудовица – Љиг системом звездица*

На потезу између Београда и Чачка не постоје деонице које су добиле максималних 5 звездица, односно највишу оцену са аспекта безбедности пута за поједине категорије учесника у саобраћају. Ситуација је најкритичнија у погледу безбедности пешака и бициклиста, где је са 1 звездицом оцењено 92% снимљеног пута за пешаке и 74% снимљеног пута за бициклисте.

4. ЗАКЉУЧАК

Код три од укупно четири описане методологије оцене безбедности пута, укључујући и идентификацију црних тачака, може се издвојити њихова заједничка карактеристика, а то је да су методологије засноване на анализи коначних показатеља стања безбедности саобраћаја, односно анализи броја и (или) последица саобраћајних незгода. Поступак *iRAP –Star Rating* можемо назвати проактивним методом за утврђивање степена опасности, јер за оцену безбедности пута не захтева познавање броја и (или) последица саобраћајних незгода.
На основу резултата добијених идентификацијом опасних места – црних тачака, издвојене су четири црне тачке на деоници „Ибарске магистрале“ између Београда и Чачка. Израчунавањем Индивидуалног ризика страдања применом *EuroRAP – Risk Mapping* методологије идентификоване су три црне деонице, док је на основу оцењивања безбедносних карактеристика пута у оквиру програма *iRAP –Star Rating* утврђено 12% дужине пута оцењених са 1 звездицом за путничка возила, односно 35% за мотоцикле, 92% за пешаке и 74% за бицикле.
У највећем броју случајева применом различитих алата и методологија не постоје апсолутна поклапања добијених резултата, што је и очековано с обзиром да се ради о различитим алатима који захтевају велики број услова како би се директно поредили. Методологија идентификације црних тачака, програм *EuroRAP* мапирања ризика и *iRAP* оцене безбедности пута системом звездица, су три алата која се на савим различит начин реализују у пракси безбедности саобраћаја и део су два различита приступа (*BSM* и *NSM*).
Имјући у виду постојеће разлике алата и приступа, генерално посматрано, разлике у добијеним резултатима су минималне. Ово објашњавамо на следећи начин: најлошије оцењена деоница

применом *iRAP – Star Rating* методологије је „црна“ или „црвена“ деоница на основу примене методологије *EuroRAP – Risk Mapping* и, у оквиру те деонице се налази најмање једна црна тачка. На примеру црне тачке „Адамовића кривина“[7] поклапање је постигнуто у потпуности у односу на резултате добијене применом методологије *iRAP – Star Rating*. Наиме, на деоници Дудовица – Љиг на делу пута познатом под називом „Адамовића кривина“, утврђена је црна тачка са највећом вредношћу ПБСН од 212, док су резултати *iRAP – Star Rating* показали да је на том делу пута деоница оцењена најлошије – 1 звездица. Међутим вредност индивидуалног ризика страдања деонице Дудовица – Љиг на основу *EuroRAP* мапирања ризика сврстава ову деоницу у деоницу средњег нивоа ризика (наранџаста боја), док је у највећем делу поменута деоница оцењена са две звездице (црвена боја). У односу на чињеницу да је на овој деоници идентификована црна тачка са највећом вредношћу ПБСН, нешто боља оцена добијена мапирањем ризика се може објаснити различитим периодима посматрања саобраћајних незгода за једну и другу методологију. Треба напоменути даје идентификација црних тачака је урађена на основу података од 2008. до 2010. године, док је мапирање ризика урађено на основу података о саобраћајним незгодама у периоду од 2010. до 2012. године.

Приликом почињања рада на овој анализи очекивао се већи степен поклапања добијених резултата међу примењенимметодологијама. Ограничења се пре свега односе на различиту дужину периода у оквиру којих су анализиране саобраћајне незгоде за поједине методе. Државе, области, региони или општине, које не располажу квалитетним базама података са локацијама саобраћајних незгода и другим важним параметрима са увиђаја саобраћајних незгода, оцену безбедности пута могу да раде применом *iRAP – Star Rating* методологије. Ово би могло да се тумачи на начин да сиромашније државе, области или општине, које немају добро развијене базе података о саобраћајним незгодама, могу да се ослоне на примену проактивне методологије која не захтева податке о броју, последицама, локацијама и другим важним подацима о саобраћајним незгодама.

Оцена безбедности пута без коришћења података о саобраћајним незгодама и њиховим последицама заслужује посебну пажњу, нарочито у домену испитивања утицаја појединих елемената пута који у мањој или већој мери утичу на коначну оцену пута. Детаљи ових истраживања нису у потпуности доступни научној и стручној јавности, што отежава могућност квалитативне анализе и унапређења постојеће методологије.

Приказани резултати истраживања треба да послуже као позив управљачима пута на свим нивоима да приступе праћењу стања безбедности саобраћаја на својим путевима. Сагледавање могућности, сличности и разлика може бити важан фактор у одлучивању избора поједине методе. Овај рад треба да допринесе промоцији алата и техника за оцену безбедности пута и унапређењу овог сегмента безбедности саобраћаја у Србији и приближи постојеће методологије. Безбедност путева у Србији није на задовољавајућем нивоу, стога су велике обавезе постављене пред управљача пута који без примене приказаних и сличних алата нису у могућности да квалитетно сагледавају и унапређују безбедност путева, а самим тим нису у могућности да одговоре преузетим обавезама и одговорности која још увек није преузела кључ успеха у своје руке, бар када је утицај пута на безбедност саобраћаја у питању.

Литература

[1] Al-Haji, G. (2007). Road Safety Development Index (RSDI) Theory, Philosophy and Practice. Dissertation No. 1100, Department of Science and Technology, Linköping University, Sweden.

[2] AusRAP, (2006). Star ratings Australia`s national network of roads.

[3] Cela, Lj., Shiode, S. and Lipovac, K. (2013). Integrating Gis and Spatial Analytical Techniques in an Analysis of Road Traffic Accidents in Serbia. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2013, 3(1), 1-15.

[4] Cheng, W. And Washington, S.P. (2005). Experimental evaluation of hotspot identification methods. *Accident Analysis and Prevention 37*, 870–881.

[5] Elvik R. (2008). A Survey of Operational Definitions of Hazardous Road Locations in Some European Countries, Accident Analysis and Prevention 40, 1830–1835.

[6] Eksler, V., Lassarre, S., (2008). Evolution of road risk disparities at small-scale level: Example of Belgium. Journal of Safety Research 39 (4), p.417-427.

[7] Eksler, V. (2010). Measuring and understanding road safety performance at local territorial level. Safety Science 48, p.1197-1202.

[8] El-Basyouny, K. and Sayed, T. (2013). Depth-based hotspot identification and multivariate ranking using the full Bayes approach. *Accident Analysis and Prevention* 50. 1082– 1089.

[7] Црна тачка под називом „Адамовића кривина“ се налази на путу *IA-2* непосредно пре уласка у насељено место Љиг.

[9] Fukuda, T., Tangpaisalkit, C., Ishizaka, T., Sinlapabutra, T. and Fukuda, A. (2005). Empirical Study on Identifying Potential Black Spots Through Public Participation Approach: A case study of Bangkok.
[10] Galović, N., Kukić, D., Maksimović, V., Petrović, D., (2013). Pilot projekat Ibarska magistrala – Ocenjivanje bezbednosnih karakteristika puta i mapiranje rizika u skladu sa IRAP/EuroRAP metodologijom. AMSS – CMV & Agencija za bezbednost saobraćaja, Beograd.
[11] Hermans, E., Brijs, T., Wets, G., Vanroof, K. (2009). Benchmarking road safety: Lessons to learn from a data envelopment analysis. Accident Analysis and Prevention 41, p.174-182.
[12] Hill, J. (2010). EuroRAP202: Risk Mapping Manual, European Road Assessment Programme, Brussels.
[13] iRAP Star Rating, (2009). Roads for Safety – The iRAP Methodology, iRAP504.04 v1.0, London.
[14] IRTAD – International Traffic Safety Data and Analysis Group, www.irtad.org.
[15] Kukić, D., Lipovac, K., Pešić, D., Vujanić, M., (2013). Selection of a relevant indicator – Road Casualty risk based on final outcomes. Safety Science 51 (2013), 165-177.
[16] Lipovac et al. (2011). Projekat Punjenje baze podataka o opsnim mestima – crnim tačkama na državnim putevima Republike Srbije, KPA i JPPS, Beograd.
[17] Pešić, D. et al. (2010). Selection of a road safety indicator for the assessment of the road safety level – world experience. X International Symposium “Road accidents prevention 2010”, Novi Sad, Proceedings, p164-173.
[18] PIARC (2008). Road Safety Manual, Recomendations from the Road World Association, Chapter 7 (Priority ranking).
[19] Shen, Y. et. al. (2012). Road safety risk evaluation and target setting using data envelopment analysis and its extensions. AAP 48, p.430-441.
[20] Sørensen, M., Elvik, R. (2005). Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks-Best Practice Guidelines and Implementation Steps, 6th Framework Programme RIPCORD-ISEREST-Deliverable.
[21] UsRAP, (2006). Feasibility assessment and pilot program.
[22] Wegman, F., Oppe, S. 2010. Benchmarking road safety performances of countries. Safety Science, 48 (9), p.1203-1211.

INFRASTRUKTURA ZA PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA

Predrag Vučinić[1], Nenad Vučinić[2]
[1] Kompanija ABB d.o.o., Tehnički inženjer-PP divizija,dipl.inž.saobraćaja, Kumodraška 235, Beograd, Srbija, predrag.vucinic@rs.abb.com
[2] Energoprojekt niskogradnja a.d., Sektor Transport, rukovodilac, dipl.inž.saobraćaja, Bulevar Mihajla Pupina 12.,11070 Beograd, P. Fah 20, Srbija,, n.vucinic@energoprojekt-ng.rs

Rezime: *Električna vozila su postala u poslednjih nekoliko godina naša realnost. Skeptici su sumnjali da će uopšte doći do ovakvog razvoja događaja usled visoke početne cene samih vozila i ostalih delova sistema. Razvojem tehnologija u ovoj oblasti, koja se još naziva i "e-mobilnost", došlo se do saznanja iz kojih proizilazi potreba uvođenja novih standarda, opreme, sredstava i specijalističkih znanja koja će praktično uticati na studije, projekte, strategije, finansiranje, izgradnju i održavanje puteva, bezbednost saobraćaja i zaštitu životne sredine. Planiranje i projektovanje celog sistema je važno zbog upotrebne efikasnosti samih vozila i ostalih elemenata sistema tokom eksploatacije kao i početnih troškova za ulaganje u sistem.*

Ključne reči: *e-mobilnost, električna vozila, planiranje, troškovi ulaganja.*

1. UVOD

U poslednjih nekoliko godina razvoj električnih vozila (EV) naglo je dobio zamah. Svi najveći proizvođači vozila su proizveli električne automobile za masovnu prodaju. Nova industrija koja je postala stvarnost obuhvata nova pravila, tehnologije i učesnike. U novom industrijskom lancu postoji proizvodnja, distribucija, usluge i informacije, vlasnici infrastrukture, operateri punjenja i IT sektor. Pred vozačima EV postoji izbor u korišćenju sistema za punjenje EV, koju vrstu energije, proizvođača, distributera, način punjenja i plaćanja žele, itd. Vozač može napuniti vozilo skoro svugde, cena punjenja pada i što je punjenje brže to je i skuplje. Punjenje se obavlja pomoću brzih ili sporih punjača koji daju podatke o svemu što nas može interesovati kao vlasnike ili kao korisnike. Kod nas ne postoji ni jedan praktičan primer takve nove tehnologije, a kada bi postojao moglo bi se reći: “Ne zagađujemo životnu sredinu!”

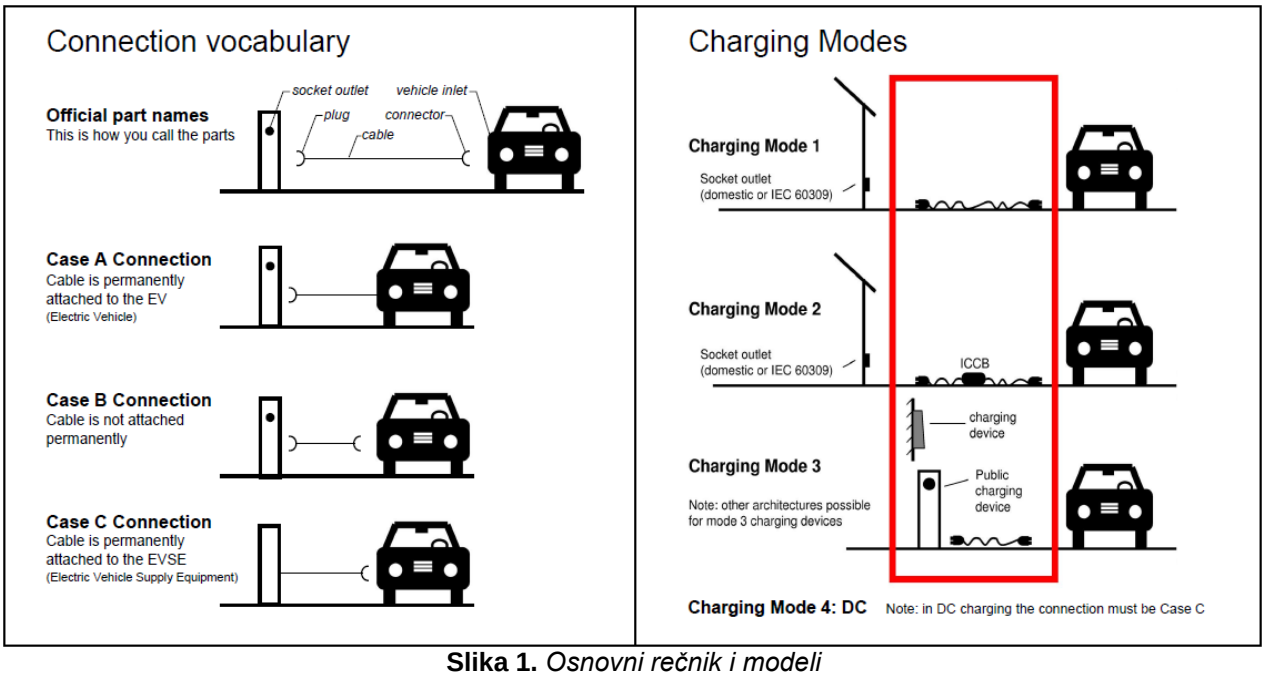
2. EVCI (Electric Vehicle Charging Infrastructure)

Infrastrukturu sistema čine: električna vozila, punjači za punjenje baterija povezani u "smart grid" mrežu, oprema za obaveštavanje vozača i vozila, oprema i aplikacije za naplatu usluge i kontrolni centar. U daljem tekstu će se pokušati približiti više aspekata pristupa složenom poroblemu EVCI. Ovim tekstom neće se razmatrati pobliže sama tehnologija električnog automobila već neki elementi usluge i palniranja za i korišćenja takvih vozila. To se također odnosi i na same punjače kao zasebne uređaje.

2.1. Tipovi konektora

Kako bi se oblast regulisala uvedeni su standardi i od praktičnog značaja, za brzo shvatanje, važno je pomenuti usvojene oblike punjenja el. vozila. Postoje dva osnovna načina punjenja: brzo i sporo punjenje.
Punjenje se vrši naizmeničnom(AC) ili istosmernom(DC) strujom. Tipovi priključnica koje se mogu priključiti na vozilo su: CHAdeMO za brzo punjenje, Combo za kombinovano brzo i sporo punjenje i priključnice tip 1 ili 2. Standardi u kojima je to opisano su: SAE J1772 i IEC 62196-2/3.

[1] Autor zadužen za korespodenciju: predrag.vucinic@rs.abb.com



Slika 1. *Osnovni rečnik i modeli*
Izvor: ABB, Odsek za EVCI

Tabela 1. *Tipovi konektora*

Naziv	Model	Region	Konekcija	Priključak	Priključnica	Na vozilu	Napon i struja
Tip 1	Mod 2 ili 3	EU, USA,Japan	Slučaj C	Slučaj C			250VAC 32A 1F
Tip 2	Mod 2 ili 3	EU	Kombinacija priključaka				480VAC 63A-3F 70A-1F
CHAdeMO	Mod 4	EU, USA,Japan	Slučaj C	Slučaj C			600VDC 200A
Tip 1 DC	Mod 4	USA	Slučaj C	Slučaj C			600VDC 72A
Tip 2 DC	Mod 4	EU	Slučaj C	Slučaj C			480VDC 80A
COMBO 1	Mod 4	USA	Slučaj C	Slučaj C			600VDC 200A
COMBO 2	Mod 4	EU	Slučaj C	Slučaj C			850VDC 200A

Izvor: ABB, Odsek za EVCI

2.1. Stanice za punjenje

Stanice za punjenje ili punjači se mogu podeliti prema mestu korišćenja, vremenu punjenja ili prema načinu punjenja.

Tabela 2. *Prema mestu korišćenja i načinu punjenja*

Lokacija	Vreme punjenja	Vrsta punjenja	Snaga punjenja
Autoput	15-30 min	DC brzo	50 kW 43 kW 22 kW
Komercijalni prostori	30-120 min	DC i AC	50 kW 43 kW 20/22 kW 2x3.7 kW
Oblasti rada	30-120 min 6-8 sati	DC i AC	43 kW 20/22 kW 2x3.7 kW
Kod kuće	6-8 sati 2 sata (vršno)	AC	3-6 kW

Izvor: ABB, Odsek za EVCI

Mesto upotrebe punjača je jedan od elemenata planiranja sistema. Nije svejedno da li će se upotrebiti uređaj koji će napuniti vozilo za 15 minuta na mestu gde za to ne postoji realna potreba. Za takav snažan punjač portebno je električnom instalacijom obezbediti jednovremenu snagu od 50 kW što je ekvivalent 25 bojlera za grejanje vode, snage 2 kW, koji rade istovremeno. Tolika snaga se može obezbediti na benzinskim pumpama koje imaju elektro-tehnički kapacitet za to što je također parametar za planiranje. Vreme punjenja je jedan od osnovnih parametara za izbor stanica za punjenje. Samo vreme zadržavanja u nekom prostoru ukazuje na kapacitet punjača koji je potreban. Komercijalni prostori i oblasti gde postoje razne delatnosti su mesta gde vreme zadržavanja može biti od 15 minuta do nekoliko sati što direktno dovodi do zaključka s tim da se mora ispitati koliko broj vozila treba opslužiti.

2.3. Električna vozila

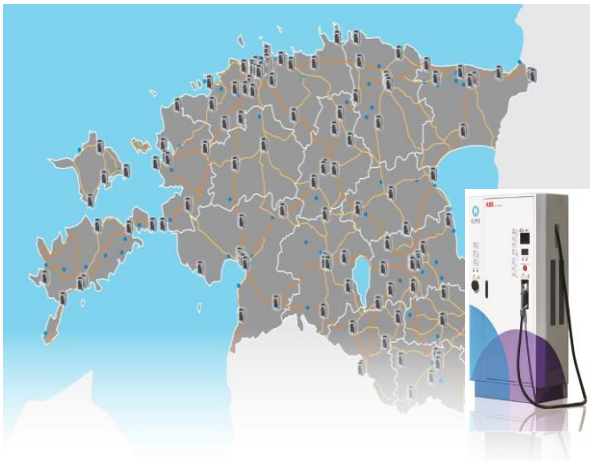
Električna vozila poseduju standardne konektore u skladu sa pomenutim standardima. Mora se reći da nisu sva vozila kompatibilna sa svim vrstama punjenja. Drugim rečima, postoji realna mogućnost da električni automobil neće moći biti punjen brzim i sporim punjačem jer nema obe vrste priključnica. To znači da u zavisnosti od strukture vozila koja se kreću na određenom prostoru zavisi i način punjenja koju će koristiti. Također treba reći da se u zavisnosti od ponuđenih tipova punjenja može sugerisati koje vrste vozila su poželjne na prostoru na koji su određeni tipovi punjači postavljeni.

2.4. Integracija

Integracija sistema se vrši na nekoliko načina od kojih su osnovni: B2B (“business to business”) i B2C (“business to customer”). I jedan i drugi način obuhvataju iste ili slične alate i tehnike, ali sa različitim ovlašćenjima i odgovornostima. B2B obuhvata lokalno upravljanje punjenjem, “smart grid” servis, tehničku podršku i održavanje opreme, podatke od posebnog interesa (POI), sisteme plaćanja itd. B2C obuhvata sve što je od interesa korisniku koji koristi punjač, a to su različite opcije plaćanja usluge, od članskih RFID kartica, različitih modela članstva, različitih modela plaćanja telefonom, računarom, do plaćanja kreditnim karticama, plaćanja po potrebi ili besplatno, ako se kupi kafa ili ručak. Tu su i usluge koje obuhvataju informisanje o lokacijama, raspoloživosti kao i tehničku podršku na mestu, telefonom ili na drugi način.

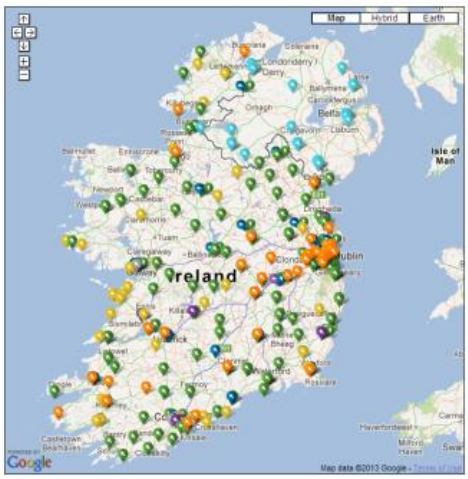
2.5. Primeri

Prvi primer je Estonija, država sa 1,3 miliona stanovnika, koja je svoju teritoriju pokrila mrežom od 700 stanica za punjenje električnih vozila. Udaljenost među stanicama je nije veća od 50 km. Prema njihovim iskustvima to je sasvim dovoljna udaljenost koja omogućava IC kretanja postojećim električnim vozilima s tim da ima 200 brzih i 500 sporih punjača. Vrednost ulaganja je oko 7,5 miliona eur u čega je uračunato I 5 godina održavanja, servisiranja i podrške. Vlada je kupila 1500 vozila od kojih je 1000 u službi državne administracije, a 500 je pušteno u prodaju pod povoljnim uslovima.



Slika 2. *Mreža stanica za punjenjeli u Estoniji*
Izvor: ABB, Odsek za EVCI

Sledeći primer je Belgija koja je preko operatera ViteaMobility odlučila da ugradi 50 brzih stanica. Tu je i Danska koja će imati više od 100 DC punjača, Irska koja je odlučila, uprkos dugotrajnom političkom konfliktu, da podeli uslugu prekograničnim zakupom, Holandija sa više od 200 brzih stanica na autoputevima sa posebno projektovanom i dizajniranom lokacijom. Plan Holandije je da svaki korisnik koristi brzo punjenje najmanje jednom sedmično sa prihvatljivom cenom od 1,5 eur po punjenju. Cena od 10 eur je prihvatljiva za članstvo u "klubu" korisnika što bi prema procenama donelo profit od 30 000 eur godišnje po svakoj stanici do krja 2015. Godine I sa porastom na 200 000 eur godišnje do kraja 2018. Godine. Cilj Holandje je da ima 200 000 električnih vozila do 2020. Godine.



Slika 3. *Mreža stanica za punjenjeli u Irskoj*
Izvor: ABB, Odsek za EVCI



Slika 4. *Mreža stanica za punjenjeli u Holandiji*
Izvor: ABB, Odsek za EVCI

U Austriji postoji također nekoliko desetina stanica, u Hrvatskoj se planira nekoliko desetina s tim da je HEP kao državna kompanija za elektroprivredu sama, za svoje potrebe, ugradila određeni broj stanica, Nemačka planira da pored postojećih, uskoro pokrije svoju tertoriju, Norveška već doživljava "bum" sa električnim vozilima, Italija je jedan od lidera u proizvodnji stanica, Francuska ima vlastiti standard što dovodi do problema šire gledano, Velika Britanija ima više od 2000 lokacija. Kada je reč o mikro lokaciji kao što je hotel ili benzinska pumpa mogu se pomenuti dva primera od mnogih postojećih. Kompanija BP je uvela dva oblika plaćanja na benzinskim stanicama: plaćanje u trgovini od 6 eur po punjenju i model članstva preko mrežnog operatera koji ima svoje pakete usluga. Klasičan primer je lanac hotela u Amsterdamu koji u saradnji sa kompanijom RWE nudi nekoliko usluga kao što su: članstvo preko RFID kartice, mesečno plaćanje članstva korisnika punjača, slobodan WiFi u hotelu i kupovina kafe, soka ili ručka sa uključenim troškom punjenja vozila ili plaćanje 4 eur po punjenju. Evropa je otišla daleko u primeni ove nove tehnologije i stiče nova iskustva kako u eksploataciji tako i u koristima koje proizilaze is svega. Mora se pomenuti promena svesti i navika vozača.



Slika 5. *Mreža stanica za punjenjeli u Irskoj*
Izvor: www.nextgreencar.com

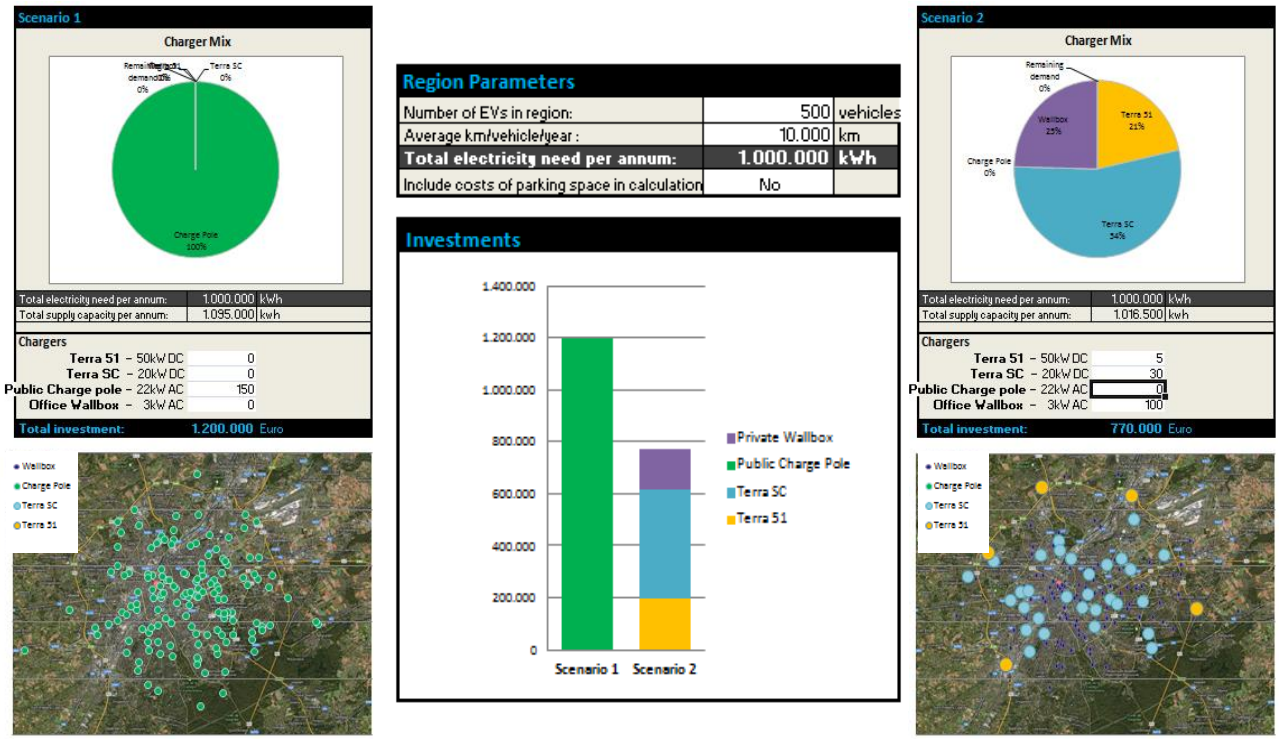


Slika 6. *Mreža stanica za punjenjeli u Danskoj*
Izvor: ABB, Odsek za EVCI

2.5. Iskustva

Svaka od zainteresovanih strana u sistemu ima svoje premise. Organi upravljanja kažu: ”Moramo pametno uložiti novac poreskih obveznika.” Biznis kaže:”Isplativost će održati komercijalnu održivost.” Vozači uvek žele “infrastrukturu na pravim mesitma i prihvatljive tarife.” Za sve učesnike ključna je kapitalna efikasnost i pametan razvoj. U zavisnosti od lokacije i brzine punjenja realan nivo usluge po stanici kod kuće je 1 vozilo/dan, na autoputu je 12 vozila/dan, uz put 2 vozila/dan, trgovački centar 5 vozila/dan. Stanice se mogu postavitu na neuporedivo više lokacija od mesta na kojima stoje benzinske pumpe. Zemljište na kojem se nalazi benzinska pumpa je trajno zagađeno za razliku od mesta gde se nalazi punjač, koje je nezagađeno. Odgovorom na tri osnovna pitanja se izbegava prevelika investicija i nezadovoljstvo korisnika. Pvo je pitanje upotrebe na odgovarajućoj lokaciji sa odgovarajućom brzinom punjenja. Drugo je pitanje za koja vozila se planira investicija i kakvi su zahtevi. Treće je potvrda kapitalne ispaltivosti investicije analizom koštanja/koristi. Brisel je grad koji je u tom smislu pronašao odgovore pomoću dva rešenja. Prvo rešenje je instalacija 150 AC stubnih stanica od 22 kW na celoj površini grada. Drugo rešenje je postavljanje 5 brzih DC stanica na vanjskom gradskom prstenu, 30 kombinovanih AC/DC stanica na atraktivnim lokacijama usluga/prodaje i 100 AC zidnih sporih stanica na poslovnim lokacijama širom grada. Parametri koji su još uzeti su da oba rešenja podržavaju 500 vozila, srednja veličina km/vozilo/godišnje je 10 000 km, a godišnji zahtev za električnom energijom je 1 000 000 kWh. Parkiranje je besplatno za električna vozila. Rezultati su bili sledeći:

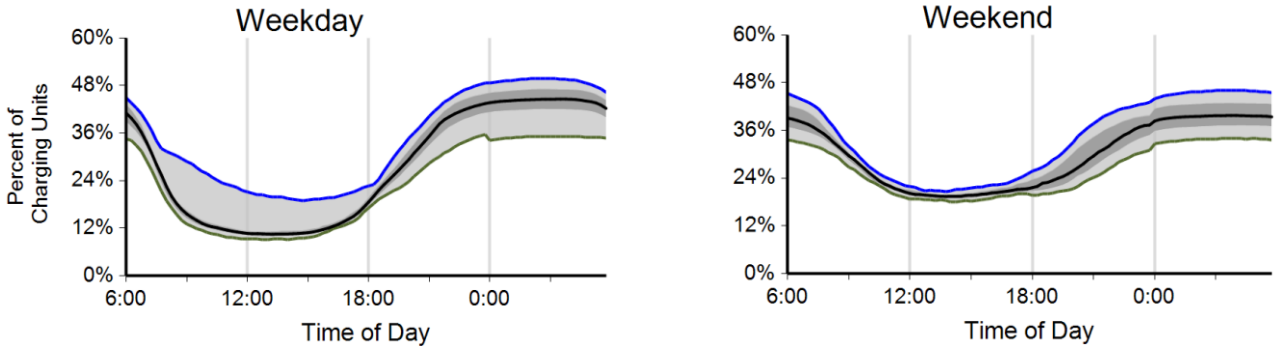
- prvo rešenje je koštalo 1.200 000,00 eur sa isporučenom energijom od 1 095 000 kWh
- drugo rešenje je koštalo 770 000,00 eur sa isporučenih 1 016 000 kWh



Slika 7. *Mreža stanica za punjenjeli u Briselu*
Izvor: ABB grupa, Odsek za EVCI

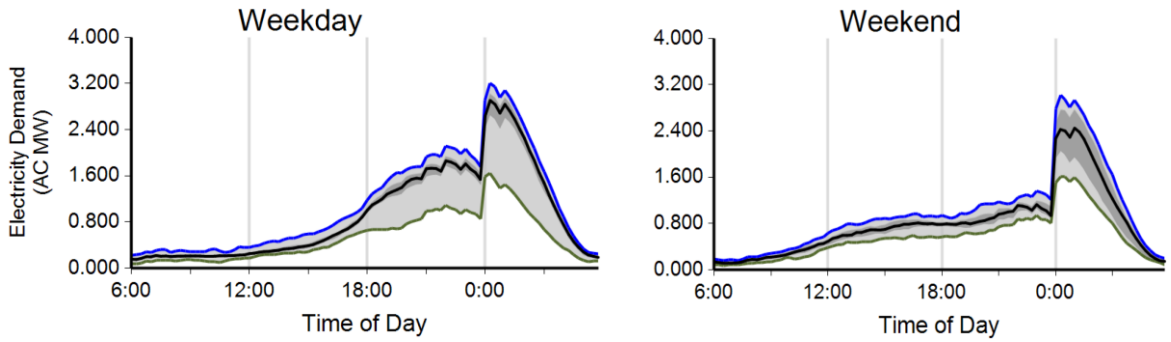
Estonski sistem se zasniva na tri paketa korišćenja za potrošača. Prvi je fleksibilni paket gde se jedno punjenje plaća 5 eur i korisnik koristi brzo punjenje do dva puta mesečno. Drugi je kombinovani paket gde korisnik koristi brzo punjenje do dva puta nedeljno, a mesečna pretplata je 10 eur ili 2,5 eur po punjenju. Treći je "Volume" paket za korisnike koji koriste brzo punjenje više od dva puta nedeljno, mesečna pretplata je 30 eur ili 1,2 eur po punjenju, s tim da postoji limit od 150 kWh. U drugoj polovini 2013. godine bilo je 11 513 punjenja, isporučeno je 99 MWh, srednja količina energije po punjenju je 8,6 kWh, srednje vreme trajanja je 21 minut, dnevno se koristi 130 brzih punjača i vozači koriste brzo punjenje više od 1,4 puta nedeljno. Broj vozila koje stanovnici koriste je 700 i tu se ne računaju državna vozila.

Iskustva iz Amerike su posebno vredna. Ovde će se pomenuti istraživanje u kojem je učestvovalo preko 5000 električnih automobila i više od 10 000 stanica za punjenje (EVSE-eletrical vehicle support equipment). Korišćene su stanice AC 240VAC do 7,2kW i manji broj DC brzih stanica. Do kraja 2012. godine, električnim vozilima Nisan Lif i Ševrolet Volt, pređeno je 52 944 247 km sa 881 006 punjenja, a isporučeno je 7513 MWh.



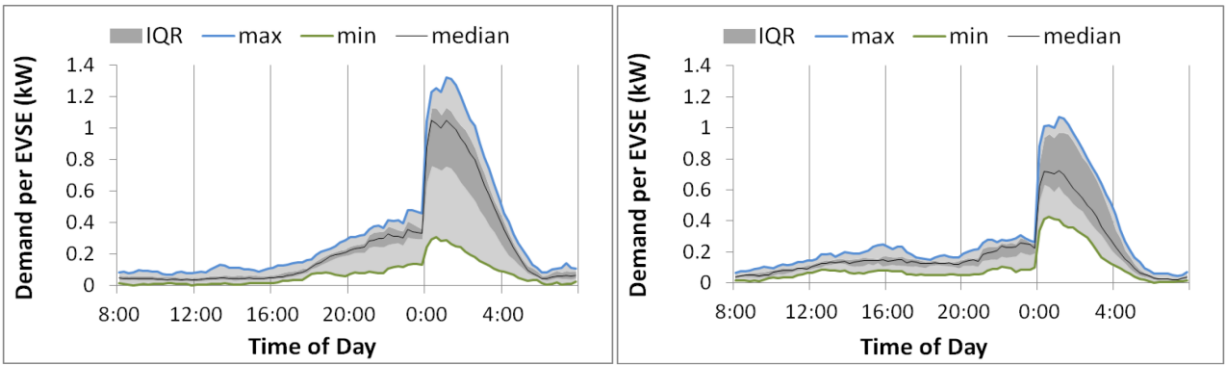
Slika 8. Procenat stanica sa priključenim vozilom u toku dana
Izvor: Ecotality EV Project, ABB grupa, Odsek za EVCI

Sa slike se vidi da broj korišćenih stanica ne prelazi 60% od ukupnog broja stanica što je sa aspekta jednovremenog optrećenja područja stanovanja vrlo dobar rezultat.



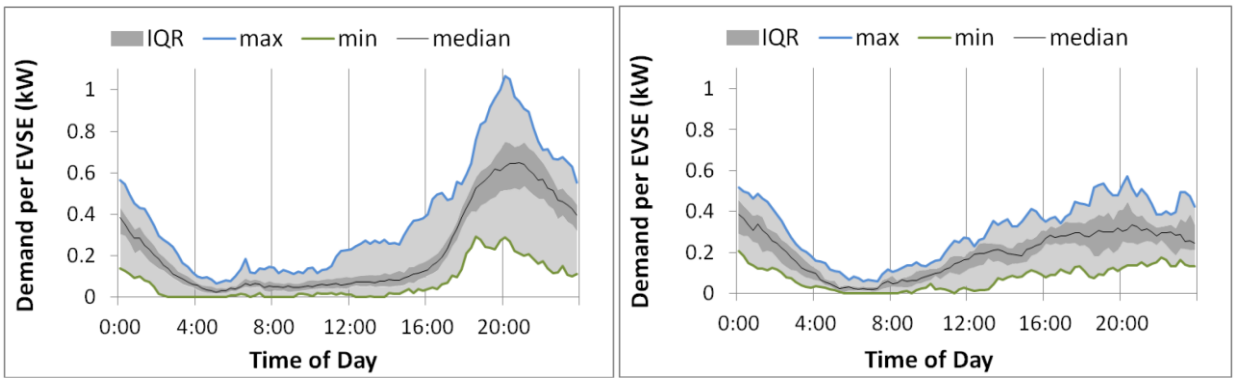
Slika 9. Zahtev za energijom: procenat energije u toku dana sa tarifama
Izvor: Ecotality EV Project, ABB grupa, Odsek za EVCI

Može se videti da korisnici priključuju svoja vozila u vreme kada je energija isporučivana po nižoj tarifi, radnim danom i vikendom od ponoći do šest sati ujutro. To jeste udar na električnu mrežu, ali se podnosi pošto se radi o noćnom terminu i punjenje u proseku traje oko 2 sata.



Slika 10. Zahtev za energijom radnim danom i vikendom sa tarifama
Izvor: Ecotality EV Project, ABB grupa, Odsek za EVCI

Dostupnost punjenja od 16-22 časa nije praćena krivom povećanja tražnje koja ima blagi porast. To znači da je mreža tokom popodneva i večernjih časova manje opterećena što je obično period maksimalnih zahteva. Vreme opterećenja je 1 sat i prosek energije u tarifnom vremenu je 1,05 kW dok je bez tarife vučena energija 0,65 kW.



Slika 11. Zahtev za energijom radnim danom i vikendom bez tarifa
Izvor: Ecotality EV Project, ABB grupa, Odsek za EVCI

Korisnici koji nemaju izbor tarife ne programiraju punjenje već pune svoja vozila u skladu sa završetkom radnog dana i kupovine. Različitosti priključenja dovode do relativno niskog pika i blaže promene u zahtevima.



Slika 12. Potpuno ekološka MOL stanica *u Mađarskoj*
Izvor: ABB grupa, Odsek za EVCI

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodno rečenog može se izvući više zaključaka. Sistem je standardizovan za dalji razvoj što pokazuju ulaganja zapadno evropskih zemalja. Po svemu sudeći evropske države su shvatile da je to jedan od načina rešavanja problema održivog razvoja i zagađenosti. Oprema koja se koristi u sistemu postoji, kvalitetna je i sistem ne košta malo, ali s obzirom koliko i koje koristi donosi, vredi ulagati u projekte ovog tipa. Sistem je preboleo dečije bolesti što ga čini tehnički privlačnim. Primeri pokazuju da se razvoj sistema u svakoj državi ne zaustavlja već napreduje sve brže kako se i samo shvaćanje i razumevanje poboljšava. Drugim rečima, stanovnici tih država počinju u sve većem broju razmišljati u korist ekološkog i čistog kretanja. Ponašanje korisnika koje je praćeno o američkom istraživanju ne razlikuje se od ponašanja korisnika u evropskim državama pošto je način i tempo života veoma sličan. Ostaje da se to i potvrdi daljim istraživanjima. Istraživanja kod nas bi trebala obuhvatiti i pronalaženje srednje dužine dnevnog kretanja automobilom u gradskim i prigradskim sredinama. Za sada se može reći da inostrana iskustva govore o veličini koja iznosi oko 50 km za putnički automobil u gradskoj sredini. Ostaje da se potvrdi da li to vredi za naše uslove. Sistem generiše nove delatnosti, proizvode, hardver, softver i poslovne modele. Problem koji realno postoji odnosi se na prodaju električne energije samim punjačem. Elektroprivreda Srbije je kao Javno preduzeće, ovlašćena za prodaju električne energije i ostalo je zakonski nedorečeno kako bi se tretirala prodaja energije putem punjača za punjenje električnih automobila i ko bi i pod kojim uslovima mogao da obavlja takvu delatnost. Također je vrlo važno napomenuti da Nacionalni akcioni plan za obnovljive izvore energije tretira samo vozila koja troše gasno gorivo i goriva na bazi alkohola. Električnim vozila nisu obuhvaćena Nacionalnim planom. Proizvođači vozila za prevoz tereta također imaju svoje planove sa modelima na električni pogon. Ukoliko se želi izbeći inferiorna pozicija države kada je u pitanju usluga za električna prevozna sredstva potrebno je započeti kako projektovanje, ulaganje i izgradnju EVCI tako i pripremu obrazovanja ljudi u tom smeru jer se pojavljuju sasvim novi oblici zanimanja koja podržavaju ovaj sistem. Infrastruktura za punjenje električnih vozila može biti tretirana kroz studije i projektovanje, strategije razvoja putnog transportnog sistema, finansiranje i održavanje infrastrukture, održivi razvoj i zaštitu životne sredine, upravljanje putevima, izgradnju i održavanje puteva i objekata i bezbednost saobraćaja na putevima. Prethodni tekst ima nameru da čitaoca u najkraćim crtama upozna sa elementima sistema, tendecijama razvoja i dosadašnjim iskustvima te da podstakne na razmišljanje o mogućim poslovnim šansama sve koji su zainteresovani za ovu oblast.

Literatura

[1] Stephen Schey, Don Scoffield, John Smart (2012.) – A First Look at the Impact of Electric Vehicle Charging on the Electric Grid in The EV Project., The Project ECOtality

[2] http://www.abb.com (31.03.2014.)

[3] http://www.abb.com/product/us/9AAC172658.aspx (31.03.2014.)

SAVREMENE METODE ZA UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA POBOLJŠANJEM FAKTORA PUT

Boris Antić[1], Dalibor Pešić[2], Jürgen Gerlach[3], Miladin Nešić[4]
[1]Saobraćajni fakultet u Beogradu, b.antic@sf.bg.ac.rs
[2]Saobraćajni fakultet u Beogradu, d.pesic@sf.bg.ac.rs
[3]Bergische Universität Wuppertal, jgerlach@uni-wuppertal.de
[4]Kriminalističko policijska akademija u Beogradu, b.antic@sf.bg.ac.rs

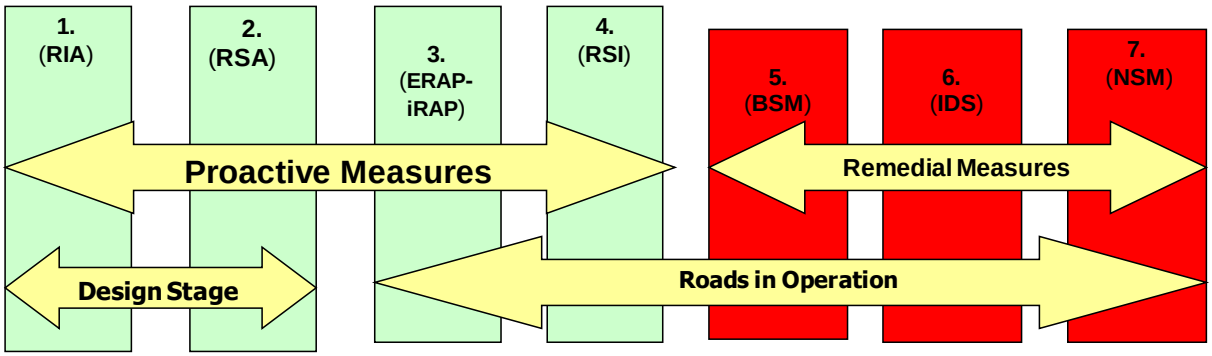
Rezime: *Iako je u sistemu faktora čovek – vozilo – put – okolina, faktor čovek (u sadejstvu sa ostalim faktorima) u 93% slučajeva odgovoran za nastanak saobraćajnih nezgoda, put i okolina (u sadejstvu sa faktorom čovek i vozilo) uzrokuju više od trećine saobraćajnih nezgoda (34%). Uzimajući to u obzir i shvatajući značajne rezerve za unapređenje bezbednosti saobraćaja, poboljšanjem elemenata faktora put, osmišljen je niz proaktivnih i korektivnih metoda čijom sistematičnom primenom se, kako pre izgradnje tj. u fazi projektovanja puta, tako i za već postojeće puteve, mogu uočiti nedostaci koji umanjuju nivo bezbednosti saobraćaja. Najrazvijenije zemlje, a među njima i Srbija, su zakonski regulisale primenu takvih metoda i obavezale upravljača puta da ih periodično sprovodi. U ovom radu biće izložene i detaljno opisane metode – tehnike koje se odnose na poboljšanje puteva, definisane u članu 156. Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije.*

Ključne reči: *Bezbednost saobraćaja, Faktor put, Zakonska regulativa, Proaktivne mere, Korektivne mere.*

1. UVOD

Nastojanja da se u sistemu faktora bezbednosti saobraćaja unapredi faktor put, odnosno putna infrastrukture, značajno su intenzivirana tokom proteklih decenija. Razvijeni alati prvenstveno su namenjeni upravljaču puta, čija je osnovna uloga i obaveza unapređenje putne infrastrukture sa ciljem smanjenja stradanja u saobraćajnim nezgodama. Sedamdesetih godina prošlog veka, metodi identifikacije opasnih mesta su bili primitivni i često su se koristile čiode različitih boja kako bi se označila opasna mesta u zavisnosti od tipa saobraćajne nezgode. Ipak, snažan razvoj aktivnosti u bezbednosti saobraćaja doneo je i nove alate u skladu sa novouočenim potrebama. Savremeni alati pružaju mogućnost preventivnog delovanja, kako se ne bi čekao nastanak neželjenih posledica u cilju preduzimanja mera za umanjenje izvora rizika. Iz tih razloga su danas preventivni alati dominantniji u odnosu na reaktivne. Četiri preventivna i tri reaktivna alata koji se uspešno primenjuju za potrebe unapređenja faktora put su:

1. Procena uticaja elemenata puta na bezbednost saobraćaja - RIA (Road Safety Impact Assesment);
2. Revizija bezbednosti puta - RSA (Road Safety Audit);
3. Evropski i internacionalni protokol za ocenu puta – EuroRAP (Europe Road Assesment Program) i iRAP (International Road Assesment Program);
4. Povera bezbednosti puta – RSI (Road Safety Inspection);
5. Upravljanje opasnim mestima/crnim tačkama – BSM (Black Spot Management);
6. Dubinske studije saobraćajnih nezgoda – IDSA (In Depth Study of Accident);
7. Upravljanje bezbednošću na mreži puteva – NSM (Network Safety Management).



Slika 1 *Shematski prikaz alata za unapređenje putne infrastrukture*

[1] Boris Antić, b.antic@sf.bg.ac.rs

Korisnost navedenih alata je potvrđena u višegodišnjoj praksi, tako da je Evropska Komisija predstavila Direktivu 2008/96/EC o upravljanju bezbednošću putne infrastrukture, kojom se od zemalja članica zahteva uspostavljanje i implementacija procedura koje se odnose na opisane alate, tako da su u ovom radu u cilju upoznavanja osnovnih karakteristika, predstavljeni alati za unapređenje bezbednosti putne infrastrukture.

2. PROCENA UTICAJA ELEMENATA PUTA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA - RIA (ROAD SAFETY IMPACT ASSESMENT)

Procena uticaja elemenata puta na bezbednost saobraćaja (RIA), obavlja se za sve infrastrukturne projekte, i to u inicijalnoj fazi planiranja pre odobrenja projekta i predstavlja stratešku komparativnu analizu uticaja izgradnje novog puta ili značajnijih izmena postojeće putne mreže na bezbednosne performanse putne mreže (Directive 2008/96/EC). Ovaj alat bi trebalo da pokaže moguća rešenja sa aspekta bezbednosti saobraćaja, kao i da pruži neophodne informacije za sprovođenje cost/benefit analiza predloženih rešenja. Primenom RIA moguće je značajno unaprediti bezbednosne karakteristike na mreži državnih puteva drugog reda, s obzirom na to da se izgradnjom novih puteva ili značajnim izmenama postojećih može znatno promeniti raspodela i struktura saobraćaja. Raspodela saobraćaja na novom ili rekonstruisanom putu treba da bude usaglašena sa planiranim promenama na putnoj mreži. Pritom, RIA bi trebalo da pruži i praktične preporuke za realizaciju u kasnijim fazama projektovanja.

RIA se primenjuje u većini zemalja EU, pri čemu administracija za javne puteve u Norveškoj, kao obavezan deo značajnijih projekata primenjuje ovaj alat od početka osamdesetih godina prošlog veka. U Holandiji se takođe RIA primenjuje na svim velikim projektima putne infrastrukture od 2004. godine. U Velikoj Britaniji i Nemačkoj, RIA je obavezna za ocenjivanje uticaja u procesu planiranja i evaluacije nacionalnih puteva. U Irskoj se primena ovog alata smatra fazom studije o izvodljivosti u okviru sprovođenja provere bezbednosti saobraćaja (RSA). RIA se između ostalog koristi i u Italiji, Finskoj, Danskoj, Austriji, Švajcarskoj itd. S obzirom na to da se ovaj alat pokazao kao izuzetno efikasan, direktivom 2008/96/EC je predviđena primena za sve infrastrukturne projekte puteva na transevropskoj mreži puteva.

Važno je istaći da se RIA koristi u ranoj fazi planiranja, posebno kada se sprovodi izbor optimalne varijante puta sa aspekta bezbednosti saobraćaja. Na taj način omogućen je izbora na osnovu prvih rezultata analize troškova i koristi. RIA je nezamenljiv alat za donosioce odluka, posebno kada je reč o suštinskim elementima kao što je broj kolovoza puta, vrsta ukrštanja (u nivou ili denivelisano) i sl.

3. REVIZIJA BEZBEDNOSTI PUTA - RSA (ROAD SAFETY AUDIT)

Revizija bezbednosti puta (RSA) predstavlja nezavisnu, detaljnu, sistematičnu i tehničku provera bezbednosnih karakteristika puta u vezi sa karakteristikama dizajna projekta putne infrastrukture, kako na nivou planiranja puta, tako i u periodu rane eksploatacije (Directive 2008/96/EC). RSA je integralni deo u fazama procesa planiranja, idejnog projekta, detaljnog projekta, predotvaranja puta i njegove rane eksploatacije, i primenjuje se kako na novim, tako i na rekonstruisanim putevima. Cilj primene je identifikacija, a potom i eliminacija elemenata koji dovode do rizika za učesnike u saobraćaju. U procesu revizije učestvuju izvođač radova odnosno vlasnik infrastrukture, projektant i revizor (auditor). Revizor je nezavisan od ostalih aktera i rezultate iznosi u izveštajima o reviziji za svaki nivo primene posebno. Ostali akteri su obavezni da izvrše korekcije radi otklanjanja opasnih elemenata dizajna naznačenih u izveštaju, ili u suprotnom moraju da obrazlože nepostupanje u skladu sa izveštajem. Predmet analize vezan je za proveru konstruktivnih elemenata puta i okruženja, a u skladu sa uslovima saobraćaja.

Ovaj alat nije skup i veoma je efektivan. Istraživanja sprovedena u Danskoj pokazala su stopu povraćaja tokom prve godine od 146%, dok su Australijske analize pokazale odnose koristi i troškova u rasponu od 3:1 do 242:1. Iskustva iz Velike Britanije pokazuju da smanjenje žrtava iznosi 1,25 na putevima za koje je vršena RSA u odnosu na smanjenje od 0,26 godišnje za puteve gde nije bilo RSA. Ipak, dovoljno je da samo jedan život bude spašen pa da postoji ekonomska opravdanost primene RSA.

RIA se takođe primenjuje u većini zemalja. RSA je obavezna u Danskoj (1993), Velikoj Britaniji (1990), Islandu (1997) za sve projekte čija troškovi premašuju 0,6 miliona evra i sve raskrsnice ili značajnija poboljšanja, nezavisno od troškova projekta. U fazi studije izvodljivosti, RSA se na Islandu sprovodi samo ako su troškovi veći od 2,2 miliona evra. U Norveškoj se RSA primenjuje od 1999. godine, a u Francuskoj od 2001. godine (u fazi pred otvaranje puta). Švedska RSA primenjuje kao deo opšteg procesa kontrole kvaliteta. U Irskoj je RSA uvedena 2001. godine, u Letoniji 2002. godine, Austriji i Litvaniji od 2004, Poljskoj od 2005. godine itd, dok se u Finskoj, Nemačkoj, Estoniji dobrovoljno koristi od 2002. godine.

RSA je veoma efektivan preventivni alat za unapređenje bezbednosnih karakteristika puta, jer je primena korektivnih mera moguća u ranoj fazi. Važne karakteristike primene RSA su nezavisnost revizije i obavezne kvalifikacije revizora koji bi trebalo da budu sertifikovani sa iskustvom u projektovanju puteva, ali i povezanosti sa uticajima faktora čovek na nastanak saobraćajnih nezgoda.

4. EVROPSKI I INTERNACIONALNI PROTOKOL ZA OCENU PUTA – EuroRAP (Europe Road Assesment Program) i iRAP (International Road Assesment Program)

Cilj EuroRAP-a je nezavisno rangiranje puteva u EU saglasno bezbednosnim karakteristikama analiziranih puteva. Veoma je sličan programu EuroNCAP (Evropski program za ocenjivanje novih automobila), ali se umesto automobila ocenjuju putevi. EuroRAP kao jedan od protokola za unapređenje bezbednosti putne infrastrukture podržan je od strane Evropske komisije (European Commission); FIA (Fondacija za automobilizam i društvo, Evropske asocijacije proizvođača automobila (ACEA) i iRAP-a. Cilj EuroRAP-a je smanjenje broja saobraćajnih nezgoda sa nastradalim primenom postupka ocenjivanja putne infrastrukture. Objavljivanjem rezultata, podstiču se mere poboljšanja od strane upravljača puta. Pored toga, težnja EuroRAP-a je da učesnici u saobraćaju budu informisani o najbezbednijim putnim pravcima, odnosno rizicima kojima su izloženi. Za potrebe ocenjivanja bezbednosti na putevima EuroRAP, razvijena su tri protokola, i to: Mapiranje rizika (RM), Praćenje performansi i Ocenjivanje puteva zvezdicama na bazi ocena puta u pogledu zaštite.

Mapiranje rizika zahteva izradu i prikaz mapa rizika (gde se rizik izračunava kao broj saobraćajnih nezgoda po vozilo×km) kako bi se učesnicima u saobraćaju predstavio rizik kome su pojedinačno izloženi dok voze određenim putem. Deonice puteva su za potrebe ovog alata obojene različitim bojama koje predstavljaju različite nivoa stopa saobraćajnih nezgoda u prethodnom periodu. Pored toga, za upravljača puta je važno ukazati na prioritete koji se jednostavno identifikuju u skladu sa rizikom – bojom, pa je ovaj alat pogodan za prikaz potencijala za unapređenje bezbednosti saobraćaja, odnosno pozicije na kojima uložena sredstva daju najveće koristi. Praćenje performansi podrazumeva stalno ocenjivanje i praćenje promena performansi bezbednosti deonica puteva, kao i dovođenje performansi u vezu sa primenjenim merama koje preduzimaju upravljači. Ocenjivanje puteva zvezdicama obuhvata postupak dodeljivanja ocene za izmerene performanse bezbednosti puteva sa najviše četiri zvezdice. Ova ocena je bazirana na video materijalu prikupljenom tokom istraživanja u okviru inspekcija, i na raspoloživim digitalnim mapama. Ocena elemenata puteva koji štite učesnike u saobraćaju od smrti i teških povreda u slučaju saobraćajnih nezgoda je posebno važna tako da je EuroRAP usmeren na četiri osnovna tipa saobraćajnih nezgoda: čeone sudare, udare u prepreke pored puta, sudare u raskrsnicama i sudare sa ranjivim učesnicima u saobraćaju. Mape rizika i mape ranga zvezdica već su objavljene za većinu zemalja EU.

Mapiranje performansi bezbednosti mreže puteva je značajno za unapređenje stanja i trebalo bi da omogući upravljačima puta sa slabijim rezultatima da poboljšaju stanje infrastrukturnim promenama. S obzirom na ograničene resurse, za očekivati je da se poboljšanja realizuju najpre na deonicama na kojima se može postići najveći odnos koristi i troškova. Identifikaciju ovih prioriteta bi trebalo obavljati primenom pristupa upravljanja bezbednošću mreže (NSM). Protokol iRap je namenjen regionima i zemljama van EU, a istovetan je protokolu EuroRAP.

5. POVERA BEZBEDNOSTI PUTA – RSI (Road Safety Inspection)

Prema direktivi (Directive 2008/96/EC) provera bezbednosnih karakteristika puta predstavlja periodičnu verifikaciju karakteristika i nedostataka koji zahtevaju održavanje zbog održavanja visokog nivoa bezbednosti. U skladu sa tim, cilj RSI je da se identifikuju rizični uslovi, propusti i greške u karakteristikama puta radi njihovog neutralisanja i eliminacije. Ovaj alat se sprovodi samo na postojećim putevima koji su već u upotrebi, a koristeći najsavremenija znanja o bezbednom projektovanju puteva, iskustvo i poznavanje efekata mera koje se koriste za unapređenje bezbednosti saobraćaja. U procesu provere neophodno je da učestvuju izvođač infrastrukturnih radova i inspektori, koji su nezavisni u svom radu, a rezultati provere se prikazuju u formi izveštaja.

RSI najčešće obuhvata rutinske radove na održavanju, kao što je analiza stanja površine kolovoza, stanja horizontalne i vertikalne signalizacije, stanja uličnog osvetljenja, smanjenja preglednosti zbog bujne vegetacije i sl. Pored toga RSI može uzeti u obzir i neke druge aspekte, kao što su okruženje puteva, potrebe za bezbednosnim barijerama, i sl. Analize sprovedenih RSI provera pokazuju odnos koristi i troškova između 2,4:1 i 84:1.

Kao i prethodni, i ovaj alat se uspešno primenjuje u većini zemalja EU, kako na obaveznom, tako i na nivoima koji zavise od zemlje do zemlje. RSI obavljaju eksperti za bezbednost saobraćaja na putevima koji u u procesu provere često koriste tzv. „check“ odnosno kontrolne liste. Važno je pomenuti i to da je RSI potrebno periodično ponavljati, a frekvencija ponavljanja varira pa se u nekim zemljama provere vrše na dve (Nemačka), a u nekim na pet godina (Portugal). U pojedinim zemljama RSI se obavlja nezavisno od podataka o saobraćajnim nezgodama (Nemačka, Velika Britanija, Portugal), ali nije redak ni pristup da se podaci o saobraćajnim nezgodama koriste kao osnovni kriterijum za izbor nebezbednih deonica puteva na kojima će se vršiti RSI, jer su troškovi značajni da bi se ovaj alat primenjivao na čitavoj mreži puteva.

6. UPRAVLJANJE OPASNIM MESTIMA/CRNIM TAČKAMA – BSM (Black Spot Management)

Način definisanja opasnih mesta na putevima, najčešće nazivanih „crnim tačkama“ ili „crnim deonicama“, veoma je raznolik. Opasno mesto, odnosno crna tačka bi mogla biti definisana kao mesto na putu na kome je očekivani rizik učešća u saobraćaju veći nego na drugim, sličnim mestima, kao rezultat lokalnih faktora rizika (Lipovac et al, 2009). Upravljanje opasnim mestima/crnim tačkama (OM/CT) podrazumeva identifikaciju lokacija OM/CT, utvrđivanje dominantnih faktora rizika i realizaciju mera kojima se uočeni rizici neutrališu. Ovakav pristup je reaktivan jer se istraživanje faktora rizika sprovodi na osnovu analize baza podataka o saobraćajnim nezgodama i posledicama tih nezgoda na analiziranoj deonici puta.

U svetu su zastupljeni različiti pokazatelji nivoa rizika, kao i različiti kriterijumi identifikacije. Obično se za identifikaciju koristi definisani broj ili stopa saobraćajnih nezgoda, kao i posledica nezgoda (npr. broj poginulih ili kombinacija poginulih i povređenih) u prethodno određenom periodu (najčešće 3 do 5 godina). Ponekad se koriste i prognoze kako bi se prikazao očekivani nivo rizika. U zavisnosti od primenjenog metoda, proces identifikacije može biti vrlo jednostavan, na primer kada se posmatra samo broj nezgoda i posledica, ali i veoma složen, kada se očekivani broja nezgoda i posledica predviđa savremenim statističkim alatima.

Ovaj metod je veoma primenljiv i ima zapaženu ulogu jer je ulaganjem sredstava na pozicijama u mreži gde se nakupljaju saobraćajne nezgode, moguće ostvariti najveće koristi. S obzirom na to, BSM se u većini evropskih zemalja smatra najvažnijom merom za smanjenje stradalih u saobraćajnim nezgodama na putu. Ovaj alat je od svih predviđenih za unapređenje faktora put najzastupljeniji, a u Holandiji se sprovodi već skoro 40 godina. Ipak, različito definisanje crnih tačaka, kao i šarolik kvalitet baza podataka o saobraćajnim nezgodama otežavaju poređenje rezultata na internacionalnom nivou. S obzirom na to, neophodna je harmonizacija i izrada uputstava sa prikazanim merama kojima se najviše doprinosi upravljanju crnim tačkama na putevima.

Pored BSM, u poslednje vreme zapažena je i primena NSM (Upravljanje bezbednošću mreže), posebno u zemljama koje imaju tradiciju u primeni BSM. Opšte je prihvaćena činjenica da se ovi alati međusobno ne isključuju već se upotpunjuju u postizanju boljih rezultata na unapređenju bezbednosti faktora put. Ipak, primena indikatora bezbednosti saobraćaja koja podrazumeva proaktivne alate preti da potisne BSM.

7. METOD NEZAVISNE OCENE (DUBINSKE ANALIZE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA), IDSA (In Depth Study of Accident)

Metod nezavisne ocene, često nazivan i dubinskim analizama saobraćajnih nezgoda, osmišljen je prvenstveno kao alat kojim se analiziraju lokacije nastanka saobraćajnih nezgoda sa nastradalim (a najčešće samo poginulim). Ovaj postupak najbolje je sprovoditi odmah po nastanku nezgode, kako se dominantni faktori ne bi promenili. Osnovni cilj je da se multidisciplinarnim istraživanjem velikog broja promenljivih (od nekoliko stotina do preko hiljadu) uoče šabloni nastanka ssaobraćajnih nezgoda i spreči ponovna pojava saobraćajnih nezgoda. Ideja je da sa otkriju greške puta koje izolovano ili u sadejstvu sa doprinosećim faktorima dovode do nastanka saobraćajne nezgode. Prema važećoj zakonskoj regulativi, opisanoj u članu 156. Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima, ovakvu analizu je potrebno da upravljač puta sprovede u roku od 30 dana za svaku nezgodu sa poginulim.

U zemljama u kojima su sredstva namenjena unapređenju bezbednosti saobraćaja značajna, dubinske studije saobraćajnih nezgoda sprovode se ne samo za nezgode sa poginulim i povređenim, već i za nezgode sa velikom materijalnom štetom. IDSA bi trebalo da unaprede proces definisanja prioriteta i identifikacije kontramera koje su najisplativije. Primena je rasprostranjena u zemljama EU, ali se rezultati efektivnosti ovog alata još uvek predmet analiza.

8. UPRAVLJANJE BEZBEDNOŠĆU NA MREŽI PUTEVA – NSM (Network Safety Management)

U skladu sa Direktivom 2008/96/EC, upravljanje bezbednošću mreže (NSM) ili bezbednosno rangiranje mreže (network safety ranking) je metod za identifikaciju, analizu i klasifikaciju delova postojeće putne mreže prema njenom potencijalu za unapređenje bezbednosti saobraćaja i smanjenje troškova saobraćajnih nezgoda. NSM se primenjuje na postojećoj mreži puteva, a na osnovu analize baza podataka o saobraćajnim nezgodama u periodu od nekoliko godina. Primena NSM omogućava upravljačima puta da sprovedu rangiranje i selekciju ulaganja u putnu infrastrukturu izborom deonica na kojima se mogu primeniti najefektivnije i najisplativije mere u pogledu unapređenja bezbednosnih karakteristika puta. U sklopu primene NSM deonice se rangiraju prema njihovom potencijalu za smanjenje troškova saobraćajnih nezgoda, uz formiranje liste prioritetnih deonica za intervencije.

Uzimajući u obzir da, saobraćajne nezgode najčešće nisu ravnomerno raspodeljene na mreži puteva, primena NSM je veoma korisna jer otkriva duže poteze na kome se nakupljaju nezgode i posledice nezgoda, a što se ne može uočiti primenom BSM. Po identifikaciji deonica ili dužih poteza, potrebno je analizirati saobraćajne nezgode radi definisanja problema i nalaženja optimalnih rešenja. Na taj način se ostvaruju uslovi za efikasnu raspodelu budžeta i postižu najbolji rezultati u pogledu smanjenja teških saobraćajnih nezgoda, u kratkoročnom i srednjeročnom smislu.

Primena NSM je tradicionalna u dužem periodu u Irskoj (već duže od 30 godina), Velikoj Britaniji (25 godina), Španiji i Finskoj (20 godina) i ostalim zemljama EU. Slično BSM, NSM se smatra jako korisnim alatom koji upravljačima puta pomaže da naprave pravi izbor i definišu prioritete za dalje aktivnosti na putnoj infrastrukturi u cilju unapređenja poboljšanja bezbednosnih karakteristika puta. Za razliku od BSM, koji analizira samo pojedinačne lokacije, NSM pruža sve potrebne informacije za objektivno ocenjivanje bezbednosti na čitavoj mreži puteva i omogućava rangiranje deonica za dalju analizu i poboljšanje. To ga čini preporučljivim za prioritetnu primenu u svim zemljama. Ipak, ponovo je važno napomenuti da primena proaktivnih alata koji koriste indikatore bezbednosti saobraćaja se sve više koristi u odnosu na alate koji „čekaju“ nastanak saobraćajnih nezgoda.

9. ZAKLJUČAK

Primena specifičnih alata za unapređenje bezbednosti puta ima tradiciju od preko 40 godina, kada su započete aktivnosti u primeni BSM, a vremenom su razvijani i dodavani i drugi alati. Primetno je da se od strogo reaktivnog pristupa, gde se reagovalo samo na iskazane rizike u saobraćaju preko broja nezgoda i stradalih lica, došlo do preventivnih alata kojima se prepoznaju nebezbedne karakteristike puta i preporučuju mere za otklanjanje istih i pre nastanka saobraćajnih. Naime, razvoj savremenih alata uticao je na to da se o bezbednosnim karaktestikama puta raspravlja još u fazi studija izvodljivosti, ispitivanjem raznih alternativa i traženjem one koja nudi najviši stepen bezbednosti budućim korisnicima, ali i u ostalim fazama planiranja i izgradnje i eksploatacije puta. Posebno je značajno razumeti i shvatiti da ne postoji univerzalan alat, odnosno metod čijom primenom se može generalno unapređivati bezbednost saobraćaja na putu, već je neophodna primena opisanog seta alata. Razlog za to je što svaki od opisanih alata ima svoje prednosti i zato je neophodan, ali ima i nedostatke zbog kojih nije dovoljan, pa je te nedostatke potrebno prevazići primenom nekog drugog alata. Dakle, samo sistemskom primenom svih alata se može uspešno unapređivati putna infrastruktura u pogledu bezbednosti saobraćaja.

Pored formalnog uvođenja alata u zakonsku regulativu i obaveze upravljača puta da preduzima mere za unapređenje bezbednosnih karakteristika putne mreže, važno je stvoriti preduslove za njihovu primenu. Najpre je potrebno izraditi uputstva - smernice za unificiranu primenu alata na nacionalnom nivou, a potom ili uporedo sa uputstvima raditi i na stvaranju kadrovskih resursa, saglasno uslovima okruženja i finansijskim resursima. Konačno, primena alata za unapređenje putne infrastrukture može ostvariti značajne efekte ako se uspostavi sistem dobre obuke i licenciranja eksperata iz bezbednosti saobraćaja za pojedine alate, koji će se na visokom nivou baviti njihovom praktičnom primenom.

Literatura

[1.] Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management, Official Journal L 319 , 29/11/2008 P. 0059 – 0067

[2.] RIPCORD-ISEREST: Road Infrastructure Safety Protection – Core Research and Development for Road Safety in Europe; Increasing Safety and Reliability of Secondary Roads for Sustainable Surface Transport, http://www.ripcord-iserst.com

[3.] Lipovac, K; Nešić, M; Jovanović, D; 2009. Identifikacija „crnih tačaka“ na putevima, 8. Stručni skup sa međunardnom, učešćem „Unapređenje policijskih poslova bezbednosti saobraćaja“, pp. 161-174, MUP Republike Srbije, Beograd.
[4.] Nešić, M; Lipovac, K; Jovanović, D; 2012. Savremene procedure unapređenja bezbednosnih karakteristika putne infrastrukture, International Conference "Global issues and trends in traffic safety in SEETO (South East Europe Transport Observatory) region", Budva.
[5.] Pesic, D; Vujanic, M; Lipovac, K; Antic, B; 2013. New method for benchmarking traffic safety level for the territory, TRANSPORT Vol. 28(1), ISSN 1648-4142 (Print), 1648-3480 (Online), pp. 69-80.
[6.] Vujanić, M; Antić, B; Pešić, D; Ružičić, K; 2013. Uticaj faktora puta na bezbednost dvotočkaša u saobraćaju, Časopis "PUT I SAOBRAĆAJ", br. 2, ISSN 0478-9733, str. 39-45.
[7.] Vujanić, M; Antić, B; Pešić, D; Smailović, E; 2014. Značaj indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na put, Časopis "PUT I SAOBRAĆAJ", br. 1, ISSN 0478-9733, str. 51-57.
[8.] Pešić, D; Antić, B; Vujanić, M; 2012. Criteria and process for selection of indicators for assessing traffic safety level, XI International Symposium – Road Accidents Prevention 2012, ISBN 978-86-7892-412-5, pp. 31-38, Novi Sad.
[9.] JP Putevi Srbije - Saobraćajni fakultet u Beogradu; 2007. Studija "program uvođenja i primene RSA (road safety audit), tj. Provere bezbednosti saobraćaja (PBS) na državnim putevima Rebublike Srbije.
[10.] www.eurorap.org, 11.03.2014.
[11.] www.irap.net, 11.03.2014.

ANALIZA ZAVISNOSTI BROJA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA I OBIMA SAOBRAĆAJA NA PUTU

Dejan Anđelković[1], *Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, Srbija*
Boris Antić, *Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Srbija*
Dragan Jovanović, *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija*

Rezime: *Bezbednost saobraćaja na putevima zavisi od mnoštva parametara, pa je pri projektovanju, a posebno pri rehabilitaciji važno poznavati međuzavisnosti između tih parametara i frekvencije saobraćajnih nezgoda. Brojna istraživanja pokazuju da se broj saobraćajnih nezgoda na konkretnom putu može dovesti u vezu sa obimom saobraćaja, a najčešći su rezultati koji pokazuju da se ne radi o tipičnoj linearnoj vezi, s obzirom na to da frekvencija nezgoda ima težnju brzog rasta do određenog nivoa PGDS-a, a nakon toga težnju blagog pada do određenog nivoa PGDS-a. Imajući u vidu ovaj odnos, a vodeći se odnosom broja nezgoda i PGDS-a na putevima, u radu su prikazani praktični rezultati povezanosti frekvencije nezgoda i ukupnog broja PGDS-a. Reč je o rezultatima na kilometarskim deonicama koje su prethodno identifikovane kao opasna mesta na osnovu metode zasnovane na ukupnom broju saobraćajnih nezgoda. Ispitivanje je sprovedeno na putnoj deonici od Kneževca do Ribarića, ukupne dužine 284 kilometara, za period od 2005. do 2011. godine.*

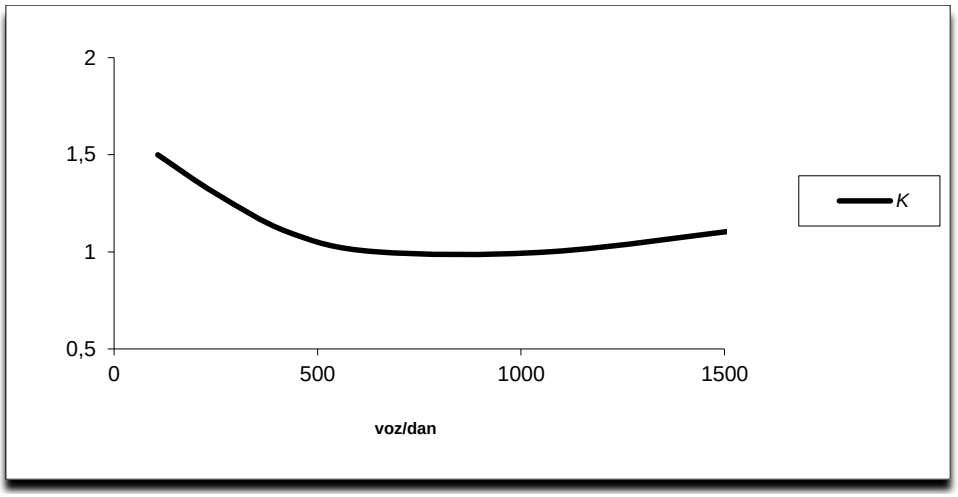
Ključne reči: *Bezbednost saobraćaja, Međuzavisnost, Frekvencija nezgoda, PGDS, Opasna mesta*

1. UVODNI DEO SA PREGLEDOM LITERATURE

Za kvalitetno odlučivanje o izboru mera za unapređenje neke lokacije u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja, neophodno je posedovati ažurne podatke o saobraćajnom opterećenju i strukturi saobraćaja na posmatranim lokacijama. Poznato je da veći intenzitet sa sobom nosi i veću potencijalnu opasnost od nezgoda. Takođe je poznato da putni pravci na kojima teretni saobraćaj ima znatno učešće u strukturi vozila, poseduju neke značajne karakteristike važne za bezbednost saobraćaja. Tako da prisustvo većeg broja teretnih vozila izaziva usporenje toka saobraćaja, što dovodi do većeg broja „opasnih“ radnji kao što je preticanje, kao i to da određeni broj vozača pokušava da nadoknadi to izgubljeno vreme povećavajući brzinu kretanja. Stope nezgoda, koje su široko korišćenje u praksi, pretpostavljaju linearnu vezu između obima saobraćaja i verovatnoće nezgoda (Higle and Hecht, 1989). Skorije studije jako preferiraju pristup frekventnosti nezgoda umesto pristupa stopi nezgoda, jer veza između verovatnoće za nezgode i obima saobraćaja nije uvek linearna (Vadlamani et al., 2011). Studija (Miaou and Lord, 2003) je pokazala da frekvencija nezgoda sa sobom nosi i vezu linerane krive imajući u vidu obim saobraćaja na raskrsnicama. Istraživanje (Ardekani et al., 1996) je analiziralo vezu sa više detalja i ispitano je korišćenje funkcija moći i polinomskih funkcija kako bi se predvidela veza između bezbednosnih performansi i obima saobraćaja. Funkcije moći su se pokazale kao parasimone (jedna promenljiva) koje bolje uklapaju podatke pod slabim izlaganjem saobraćaja, dok su polinominalni modeli fleksibilniji i bolje uklapaju podatke u situacijama sa većim izlaganjem saobraćaja, iako se tom prilikom gubi parasimonija parametara.

Na osnovu istraživanja (Dickerson et al., 2000; Martin, 2002; Milton et al., 2008; Kuddus et al., 2010; Christoforou et al., 2010; Manner and Wunsch-Ziegler, 2013), pri većem intenzitetu saobraćaja opada brzina vozila u toku, dok se broj nezgoda povećava a njihova težina smanjuje. Kao što je opisano u studijama (Ardekani et al., 1996; Lord et al., 2005) veza između frekvencije nezgoda i PGDS-a nije tipično linearna, jer frekvencija nezgoda teži da raste opadajućom brzinom, sa jedne strane, ili čak da se spusti ispod određenog nivoa PGDS-a, sa druge strane. (Hiselius, 2004) je pokazao značaj uzimanja u obzir protoka saobraćaja, tj. stopa nezgoda je drugačija u zavisnosti od toga da li je protok saobraćaja homogen ili nije. Na putevima sa intenzitetom saobraćaja manjim od 500 voz/dan, brzina vozila u saobraćajnom toku se povećava, a tada dolazi do rasta broja saobraćajnih nezgoda sa težim posledicama (Slika 1.). Ova zavisnost uočena je u Rusiji u istraživanjima koje je obavio Belwskogo i Francuskoj, u istraživanjima koja je vršio Goldberg). Opšte poznata činjenica je da postoji velika razlika između 5 nezgoda na putu sa intenzitetom saobraćaja od 2.000 vozila po danu i na putu sa 12.000 vozila po danu. Zato se preporučuje i uključivanje obima saobraćaja u proceduru identifikacije "crnih tačaka".

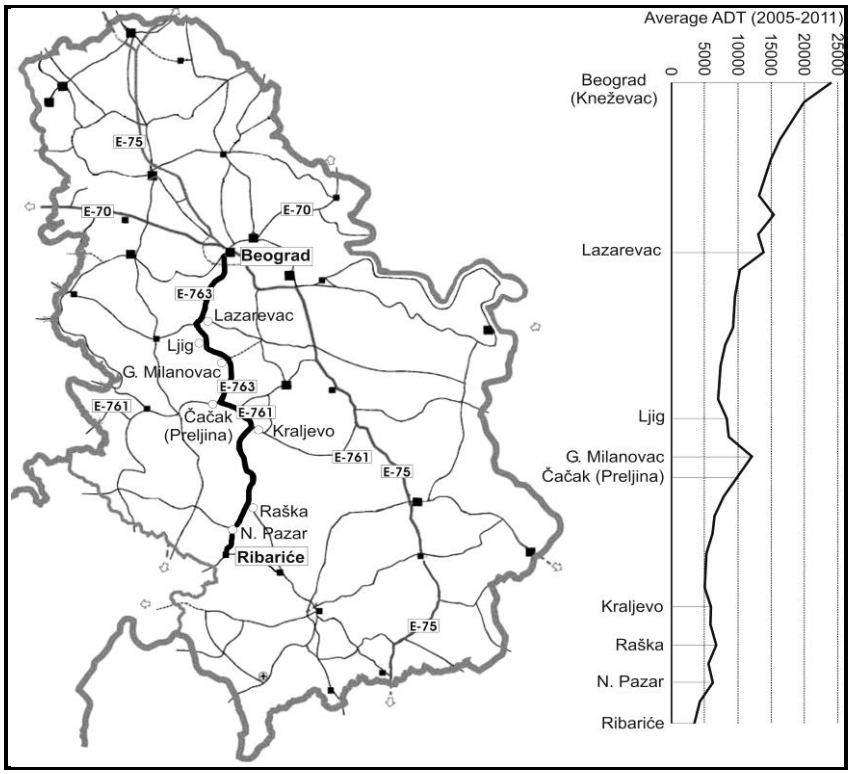
[1] Dejan Andjelkovic, aaa.dejo@gmail.com



Slika 1. *Promena broja saobraćajnih nezgoda u zavisnosti od intenziteta (Izvor, Kuddus et al., 2010)*

2. PODACI I IZBOR PODATAKA

U ovom radu korišćeni su podaci o saobraćajnim nezgodama i podaci o PGDS-u sa putne deonice od Beograda (Kneževca) do Ribarića, ukupne dužine 282.9 kilometara, za period od 2005. do 2011. godine. Ova deonica posmatrana je kao vangradski dvotračni put (vangradsko područje), čija maksimalna ograničena brzina ne prelazi 80 km/h (Slika 2.). U istraživanjima (Lipovac i dr., 2010; Lipovac i dr., 2011) potvrđeno je da se na Državnom putu I reda na potezu od Beograda pa do Ribarića (deo bivšeg magistralnog puta M-22 - VRS, 2012), nalazi ukupno 27,5% najopasnijih kilometarskih deonica u Republici Srbiji, gledajući samo magistralne puteve, što je i bilo presudno u izboru ove deonice za posmatranje. Deo puta od Beograda do Kneževca može se smatrati za gradsko područje grada Beograda, gde najčešće imamo 2, 3 ili čak više traka u jednom smeru, što je bio razlog isključenja ovog dela iz daljeg razmatranja. Pozadina odbacivanja ovog dela deonice leži u težnji za dobijanjem što veće homogenosti deonice, u pogledu tehničkih karakteristika puta.



Slika 2. *Prikaz izabrane putne deonice sa raspodelom PGDS-a za period 2005-2011*

Podaci o saobraćajnim nezgodama dobijeni su od Uprave saobraćajne policije „Ministarstva Unutrašnjih Poslova“ Republike Srbije (JIS, MUP) , a podaci o PGDS-u dobijeni su od Javnog preduzeća „Putevi Srbije“ (JPPS, 2013). U Tabeli 1. dat je prikaz osnovnih i tehničkih karakteristika mikrodeonica posmatranog puta. U poslednjoj koloni predstavljen je i PGDS za posmatrani period od 2005-2011.

Tabela 1. *Karakteristike mikrodeonica posmatrane deonice Kneževac – Ribariće*

Red. broj	Početak i kraj mikrodeonica (deonica Kneževac-Ribariće) (državni put I reda) (deonica koja se posmatra)	Početna stacionaža puta (km)	Krajnja stacionaža puta (km)	Dužina mikro deonice (km)	Vrste mikro deonica	Tehničke karakter. mikro deonica	Prosek PGDS 2005-2011
1	Kružni put (Kneževac) - Rušanj	204,700	213,300	8,600	Otvoren put	3-tračni	**24.083**
2	Rušanj - Lipovačka Šuma	213,300	214,400	1,100	Otvoren put	2-tračni	**19.884**
3	Lipovačka Šuma - Milicijska kućica	214,400	215,100	0,700	Otvoren put	2-tračni	**18.098**
4	Milicijska kućica - Velika Moštanica	215,100	217,800	2,700	Otvoren put	2-tračni	**16.416**
5	Velika Moštanica - Vranić (Barajevo)	217,800	220,900	3,100	Otvoren put	2-tračni	**15.130**
6	Vranić (Barajevo) - Vranić	220,900	221,500	0,600	Otvoren put	3-tračni	**14.090**
7	Vranić - Stepojevac	221,500	234,200	12,700	Otvoren put	2-tračni	**13.138**
8	Stepojevac - Stepojevac (Veliki Crljeni)	234,200	235,200	1,000	Grad. deonica	2-tračni	**15.616**
9	Stepojevac (Veliki Crljeni) - Lazarevac 1	235,200	249,000	13,800	Otvoren put	2-tračni	**12.889**
10	Lazarevac 1 - Ćelije	249,000	253,500	4,500	Otvoren put	2-tračni	**14.032**
11	Ćelije - Županjac	253,500	257,600	4,100	Otvoren put	2-tračni	**10.269**
12	Županjac – Dudovica	257,600	264,000	6,400	Otvoren put	2-tračni	**9.738**
13	Dudovica - Poljance (Belanovica)	264,000	272,800	8,800	Otvoren put	2-tračni	**9.433**
14	Poljance (Belanovica) - Ljig (Mionica)	272,800	274,400	1,600	Otvoren put	2-tračni	**9.301**
15	Ljig (Mionica) - Gukoši (Kadina Luka)	274,400	277,500	3,100	Otvoren put	2-tračni	**7.993**
16	Gukoši (Kadina Luka) - Dići	277,500	283,100	5,600	Otvoren put	2-tračni	**7.429**
17	Dići – Ugrinovci	283,100	292,700	9,600	Otvoren put	2-tračni	**7.235**
18	Ugrinovci - Bućin Grob	292,700	303,500	10,800	Otvoren put	2-tračni	**7.163**
19	Bućin Grob – Nevade	303,500	313,100	9,600	Otvoren put	3-tračni	**8.368**
20	Nevade - Gornji Milanovac	313,100	315,800	2,700	Otvoren put	2-tračni	**8.630**
21	Gornji Milanovac - Preljina	315,800	331,000	15,200	Otvoren put	2-tračni	**12.311**
22	Preljina – Mrčajevci	331,000	343,200	12,200	Otvoren put	2-tračni	**10.419**
23	Mrčajevci – Kraljevo	343,200	361,700	18,500	Otvoren put	2-tračni	**7.952**
24	Kraljevo - Čibutkovac	361,700	363,200	1,500	Grad. deonica	2-tračni	**6.563**
25	Čibutkovac - Mataruška Banja	363,200	370,100	6,900	Grad. deonica	2-tračni	**6.368**
26	Mataruška Banja - Ušće	370,100	409,200	39,100	Otvoren put	2-tračni	**5.410**
27	Ušće - za Gokčanicu	409,200	414,400	5,200	Otvoren put	2-tračni	**5.131**
28	za Gokčanicu - Biljanovac	414,400	424,000	9,600	Otvoren put	2-tračni	**5.120**
29	Biljanovac – Brvenik	424,000	432,200	8,200	Otvoren put	2-tračni	**6.032**
30	Brvenik – Raška	432,200	441,400	9,200	Otvoren put	2-tračni	**5.877**
31	Raška - Raška (Trnova)	441,400	442,000	0,600	Grad. deonica	2-tračni	**6.837**
32	Raška (Trnova) - Novi Pazar (Banja)	442,000	459,400	17,400	Otvoren put	2-tračni	**5.518**
33	Novi Pazar (Banja) - Novi Pazar 2	459,400	459,700	0,300	Grad. deonica	2-tračni	**6.360**
34	Novi Pazar 2 - Novi Pazar 3	459,700	463,200	3,500	Grad. deonica	2-tračni	**4.285**
35	Novi Pazar 3 - Ribariće	463,200	487,600	24,400	Otvoren put	2-tračni	**3.570**
		Ukupna dužina:		**282,900**			

(Izvor, JPPS, 2013)

3. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MESTA NA IZABRANOJ PUTNOJ DEONICI

Opasna mesta („crne tačke“, „crne deonice“) na putevima predstavljaju značajnu oblast rada na unapređenju bezbednosti saobraćaja. Intervencije na mestima nakupljanja saobraćajnih nezgoda smatraju se jednim od najefektivnijih pristupa u prevenciji saobraćajnih nezgoda na putevima (EU, 2001; ADB, 2003). Među najznačajnijim fazama menadžmenta crnih tačaka (Black spot management - BSM) i menadžmenta bezbednosti mreža (Network safety management - NSM), pored analize i tretmana, izdvaja se i identifikacija opasnih mesta, koja predstavlja proceduru za otkrivanje takvih mesta na mreži puteva (Sorensen and Elvik, 2008).

Za opasna mesta u ovom radu smatrane su deonice fiksnih dužina odnosno fiksne dužine opasnih mesta u iznosu od jednog kilometra (1km). Identifikacija opasnih mesta na izabranoj deonici urađena je na osnovu ukupnog broja saobraćanih nezgoda odnosno na osnovu frekvencije saobraćajnih nezgoda. Frekvencija nezgoda je najjednostavniji kriterijum identifikacije opasnih mesta (Cheng and Washington, 2005; Montella, 2010).

S obzirom na to, frkvenciju se predstavlja kao suma broja saobraćajnih nezgoda sa materijalnom štetom, broja saobraćajnih nezgoda sa povređenima i broja saobraćajnih nezgoda sa poginulima. Koristeći ovaj metod, lokacije se rangiraju po opadajućem redu posmatrane frekvencije nezgoda (Tabela 2).

Tabela 2. *Prikaz prvih 60 najopasnijih kilometarskih deonica posmatrane deonice Kneževac – Ribariće za period 2005-2011*

Redni broj	Redni broj kilometra	Ukupan broj SN-a	Redni broj	Redni broj kilometra	Ukupan broj SN-a	Redni broj	Redni broj kilometra	Ukupan broj SN-a
1	321	152	21	246	55	41	404	41
2	216	113	22	225	54	42	422	41
3	217	106	23	248	54	43	223	40
4	215	91	24	254	52	44	219	39
5	214	87	25	382	50	45	227	39
6	256	86	26	397	49	46	478	38
7	265	77	27	413	49	47	234	37
8	454	77	28	453	48	48	264	37
9	218	75	29	222	47	49	237	36
10	377	74	30	261	47	50	238	36
11	213	73	31	233	46	51	285	36
12	253	70	32	244	46	52	241	35
13	423	64	33	247	46	53	252	34
14	226	63	34	236	44	54	379	34
15	230	63	35	428	44	55	269	32
16	375	61	36	452	44	56	242	31
17	231	60	37	243	43	57	271	31
18	232	60	38	380	43	58	402	31
19	286	57	39	251	42	59	245	30
20	224	56	40	240	41	60	250	30

4. ODNOS BROJA NEZGODA I UKUPNOG PGDS-a

Kao što je već navedeno, obim saobraćaja na deonici ili putnoj mreži se mora dovesti u vezu sa brojem nezgoda. Istraživanja na putevima u Srbiji koje je sproveo institut "Kirilo Savić" potvrdila su povezanost između pomenute dve veličine, koja se može izraziti na sledeći način:

$$y = 1.618 - 0.59 * 10^{-3} * x + 0.65 * 10^{-7} * x^2$$

gde je: y – godišnji broj saobraćajnih nezgoda po km puta;
x – prosečan dnevni obim saobraćaja;

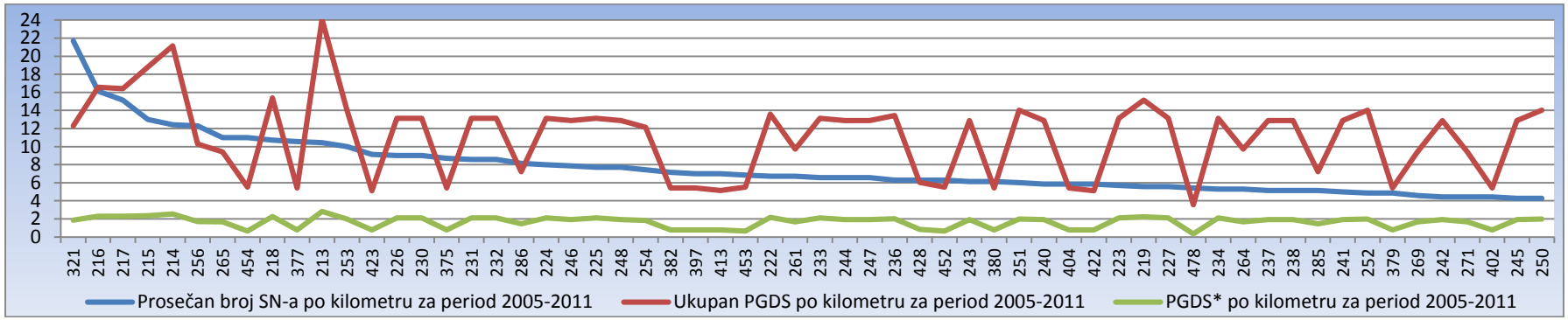
Ova funkcionalna zavisnost ukazuje da sa porastom obima saobraćaja, broj nezgoda ima tendenciju opadanja do granice od oko 4.500 vozila na dan, a zatim sa daljim porastom obima saobraćaja tendenciju rasta. Sa većim intenzitetom saobraćaja nastaje veća interakcija vozila, češća su preticanja i druge radnje što rezultuje većom mogućnošću da dođe do konflikta. Ova zavisnost je potvrđena i međunarodnim istraživanjima. Prosečan broj nezgoda za određenu veličinu saobraćajnog toka može se izračunati primenom navedene zavisnosti, a zatim bi se kritičan broj nezgoda izračunao na osnovu procene intervala pouzdanosti srednje vrednosti, odnosno sa kojom statističkom pouzdanošću se želi utvrditi kritičan broj nezgoda.

Uzimajući u obzir navedena istraživanja, a shodno deonici koju posmatramo i utvrđenim opasnim mestima mogu se primetiti određene uzajamne veze između broja SN-a i ukupnog broja PGDS i PGDS*[2] (PGDS koji obuhvata samo autobuse i teška teretna vozila). U Tabeli 3. i na Slikama 3., 4. i 5. prikazani su realni i praktični odnosi između PGDS-a, PGDS*-a i broja saobraćajnih nezgoda za prvih 60 najopasnijih kilometarskih deonica.

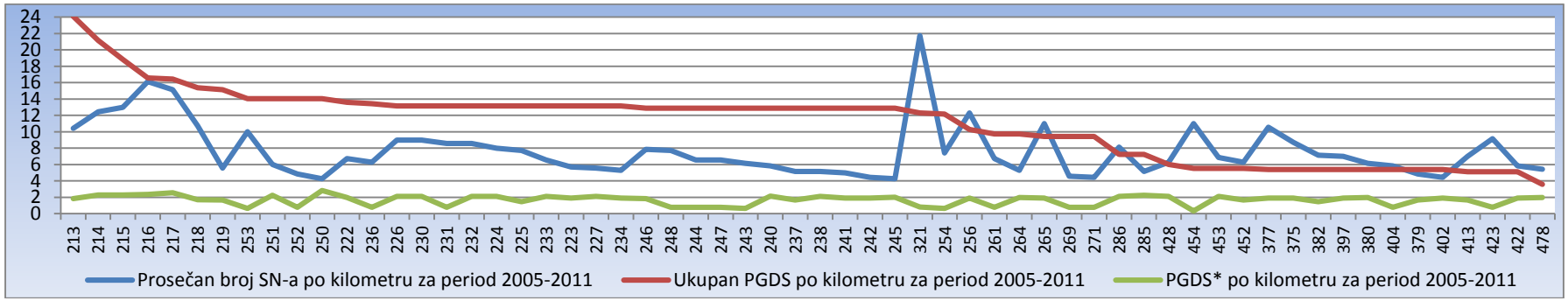
[2] PGDS* je PGDS koji obuhvata samo vozila velikih dužina (autobusi, teška teretna vozila i autovozovi).

Tabela 3. *Uporedni prikaz odnosa ukupnog broja PGDS-a, PGDS*[2] *i broja SN-a za prvih 60 najopasnijih kilometarskih deonica posmatrane deonice Kneževac – Ribariće*

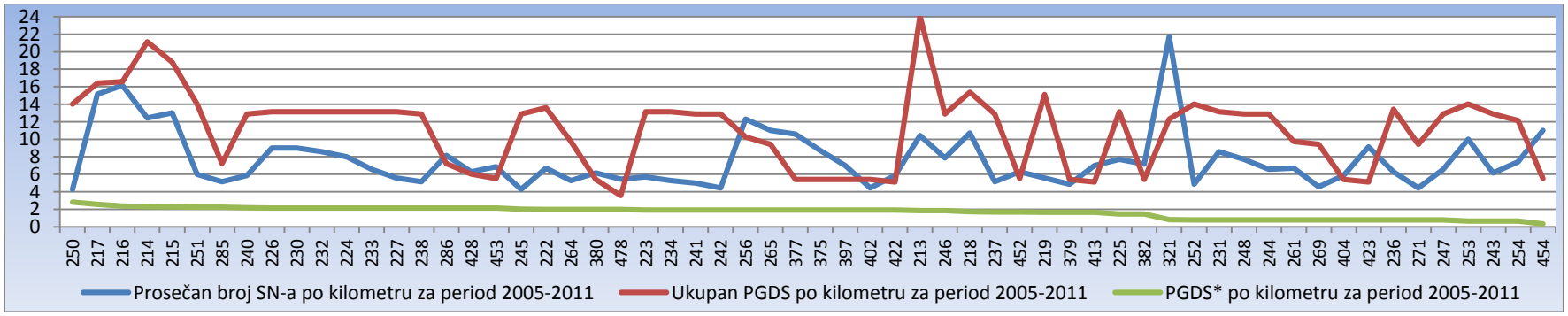
Redni broj	Redni broj kilometra (poređanih po opasnosti)	PGDS po kilometru za celokupan period 2005-2011	PGDS*[3] po kilometru za celokupan period 2005-2011	Ukupan broj SN-a za period 2005-2011	Prosečan broj SN po kilometru za ceo period 2005-2011
1	321	12311	1853	152	21.714
2	216	16584	2286	113	16.143
3	217	16416	2282	106	15.143
4	215	18813	2367	91	13.000
5	214	21144	2553	87	12.429
6	256	10269	1720	86	12.286
7	265	9433	1670	77	11.000
8	454	5518	639	77	11.000
9	218	15387	2252	75	10.714
10	377	5410	775	74	10.571
11	213	24083	2821	73	10.429
12	253	14032	1969	70	10.000
13	423	5120	772	64	9.143
14	226	13138	2124	63	9.000
15	230	13138	2124	63	9.000
16	375	5410	775	61	8.714
17	231	13138	2124	60	8.571
18	232	13138	2124	60	8.571
19	286	7235	1458	57	8.143
20	224	13138	2124	56	8.000
21	246	12889	1923	55	7.857
22	225	13138	2124	54	7.714
23	248	12889	1923	54	7.714
24	254	12150	1845	52	7.429
25	382	5410	775	50	7.143
26	397	5410	775	49	7.000
27	413	5131	769	49	7.000
28	453	5518	639	48	6.857
29	222	13614	2161	47	6.714
30	261	9738	1681	47	6.714
31	233	13138	2124	46	6.571
32	244	12889	1923	46	6.571
33	247	12889	1923	46	6.571
34	236	13434	2024	44	6.286
35	428	6032	825	44	6.286
36	452	5518	639	44	6.286
37	243	12889	1923	43	6.143
38	380	5410	775	43	6.143
39	251	14032	1969	42	6.000
40	240	12889	1923	41	5.857
41	404	5410	775	41	5.857
42	422	5120	772	41	5.857
43	223	13138	2124	40	5.714
44	219	15130	2244	39	5.571
45	227	13138	2124	39	5.571
46	478	3570	337	38	5.429
47	234	13138	2124	37	5.286
48	264	9738	1681	37	5.286
49	237	12889	1923	36	5.143
50	238	12889	1923	36	5.143
51	285	7235	1458	36	5.143
52	241	12889	1923	35	5.000
53	252	14032	1969	34	4.857
54	379	5410	775	34	4.857
55	269	9433	1670	32	4.571
56	242	12889	1923	31	4.429
57	271	9433	1670	31	4.429
58	402	5410	775	31	4.429
59	245	12889	1923	30	4.286
60	250	14032	1969	30	4.286



Slika 3. *Uporedni prikaz odnosa ukupnog broja PGDS-a, PGDS* i prosečnog broja SN-a za prvih 60 najopasnijih kilometarskih deonica posmatrane deonice Kneževac – Ribariće za period 2005-2011 (opadajući grafik po prosečnim broju SN-a)*



Slika 4. *Uporedni prikaz odnosa ukupnog broja PGDS-a, PGDS* i prosečnog broja SN-a za prvih 60 najopasnijih kilometarskih deonica posmatrane deonice Kneževac – Ribariće za period 2005-2011 (opadajući grafik po ukupnom broju PGDS-a)*



Slika 5. *Uporedni prikaz odnosa ukupnog broja PGDS-a, PGDS* i prosečnog broja SN-a za prvih 60 najopasnijih kilometarskih deonica posmatrane deonice Kneževac – Ribariće za period 2005-2011 (opadajući grafik po ukupnom broju PGDS*-a)*

Iz Tabele 3. i analizom Slika 3, 4, i 5 može se primetiti da nema logične zavisnosti, već su velike oscilacije između ukupnog PGDS-a, PGDS* i prosečnog broja saobraćajnih nezgoda za period 2005-2011. Okvirna granica vezana za određenih 60 najopasnijih kilometarskih deonica može se postaviti za PGDS ispod, i PGDS iznad 12.000 vozila na dan (Slika 4). Za PGDS ispod 12.000 vozila na dan situacija je takva da pored određene zavisnosti između broja saobraćajnih nezgoda i PGDS-a postoje još neki elementi ili karakteristike koje govore o određenim specifičnostima odnosno velikim oscilacijama u broju saobraćajnih nezgoda pojedinih kilometara. U cilju dobijanja kompletne slike vezane za bezbednost pojedinih kilometara, u ovom slučaju najopasnijih kilometara, potrebno je izvršiti sveobuhvatnu analizu bezbednosti posmatranih kilometara odnosno uključiti i druge karakteristike. Za PGDS iznad 12.000 vozila na dan situacija je jasnija u pogledu odnosa između broja SN-a i PGDS-a.

Iz Slika 3, 4 i 5 uzajamni odnosi između PGDS-a, PGDS*-a i prosečnog broja saobraćajnih nezgoda postoje, ali je zbog velikih oscilacija i drugih specifičnosti koje se ne vide, kod pojedinih kilometara bilo veoma problematično izvršiti tačnu identifikaciju odnosa kao i njihovu međusobnu zavisnost.

5. ZAKLJUČAK

Nakon sprovedenog velikog broja istraživanja u vezi odnosa broja saobraćajnih nezgoda i obima saobraćaja, nameće se zaključak da univerzalno pravilo koje tačno i precizno definiše pomenuti odnos još uvek ne postoji, a posebno ako je reč o deonicama koje imaju određene specifičnosti. Posmatrani odnos može biti samo jedna od karakteristika, ali ne i samostalna karakteristika koja može dati precizne rezultate zavisnosti. I ovaj rad pokazao je da se na uzetom primeru od 60 najopasnijih kilometarskih deonica ne može tačno i precizno utvrditi odnos broja nezgoda i PGDS-a (PGDS*-a), bez uključenja određenih specifičnosti odnosno pojedinih tehničkih i drugih karakteristika posmatranih kilometarskih deonica.

Iz navedenih razoga, a uzimajući u obzir i istraživanje (Roque and Cardoso, 2014), i dalje će se raspravaljati i istraživati o tome da li je PGDS odgovarajuća mikroskopska promenljiva za samostalno predstavljanje i izlaganje mehanizma nezgoda koji su direktno povezani sa obimom saobraćaja, s obzirom na rastuću dostupnost automatsko prikupljenih podataka koji se mogu koristiti za izračunavanje komplementarne statistike distribucije saobraćaja i saobraćajnih nezgoda.

6. LITERATURA

[1.] Ardekani S.; Hauer E.; and Jamei B.; 1996. Revised monograph on traffic flow theory, Traffic impact models, Federal Highway Administration (FHWA), U.S. DOT, Washington, D.C.

[2.] Asian Development Bank – ADB; 2003. Road Safety Guidelines for the Asian and Pacific Region: Improvement of hazardous locations, executive summary, http://www.adb.org/publications/road-safety-guidelines-asian-and-pacific-region.

[3.] Cheng W.; Washington S.; 2005. Experimental evaluation of hotspot identification methods, Accident Analysis and Prevention, Vol. 37, pp. 870–881.

[4.] Christoforou Z.; Cohen S.; Karlaftis M.G.; 2010. Vehicle occupant injury severity on highways: an empirical investigation, Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, pp. 1606–1620

[5.] Dickerson A.; Peirson J.; Vickerman R.; 2000. Road accidents and traffic flows: An econometric investigation", Economica, Vol. 67, Issue 265, pp. 101–121.

[6.] EU, European Commission, 2001. White Paper - European transport policy for 2010: Time to decide", Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

[7.] Higle J.L.; Hecht M.B.; 1989. A comparison of techniques for the iden- tification of hazardous locations, Transportation Research Record, Vol. 1238, pp. 10–19.

[8.] Hiselius L.W.; 2004. Estimating the relationship between accident frequency and homogeneous and inhomogeneous traffic flows, Accident Analysis and Prevention, Vol. 36, Issue 6, pp. 985–992.

[9.] Kuddus M.; Vang C.; Ison S.; 2010. Road Traffic Congestion and Crash Severity: Econometric Analysis Using Ordered Response Models, Journal of Transportation Engineering, (ASCE / American Society of Civil Engineers), Vol. 136, Issue 5, pp. 424–435.

[10.] Lipovac K.; 2011. Uputstvo za identifikaciju, klasifikaciju, sanaciju i upravljanje opasnim mestima na ulicama i putevima u nadležnosti grada Beograda, Javno preduzeće „Putevi Srbije", Beograd.

[11.] Lipovac K.; Jovanović D.; Vuksanović B.; 2010. Uporedna analiza identifikacije opasnih mesta i rizičnih deonica na državnim putevima Republike Srbije, X International Symposium "Road Accidents Prevention 2010", Novi Sad, 21st and 22nd October 2010.
[12.] Lord D.; Middleton D.; Whitacre J.; 2005. Does separating trucks from other traffic improve safety?, Transportation Research Record, Vol. 1922, pp. 156–166.
[13.] Manner H.; Wunsch-Ziegler L.; 2013. “Analyzing the severity of accidents on the German Autobahn”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 57, pp. 40–48.
[14.] Martin J.; 2002. Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways, Accident Analysis and Prevention, Vol. 34, Issue 5, pp. 619–629.
[15.] Miaou S.P.; Lord D.; 2003. Modeling traffic crash-flow relationships for intersections: dispersion parameter, functional form, and Bayes versus empirical Bayes methods", Transportation Research Record, Vol. 1840, pp. 31–40.
[16.] Milton J.C.; Shankar V.N.; Mannering F.L.; 2008. Highway accident severities and the mixed logit model: an exploratory empirical analysis, Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, pp. 260–266.
[17.] Montella A.; 2010. A comparative analysis of hotspot identification methods, Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, pp. 571–581.
[18.] Roque C.; Cardoso J.L.; 2014. Investigating the relationship between run-off-the-road crash frequency and traffic flow through different functional forms, Accident Analysis and Prevention, Vol. 63, pp. 121–132.
[19.] Sorensen M.; Elvik R.; 2008. Sixth Framework Programe: Sustainable Surface Transport, “Black Spot Management and Safety Analysis of Road Net-works – Best Practice Guodelines and Implementation Steps”, („RIPCORD-ISEREST“), Transportøkonomisk institutt (Norway), Deliverable-D6, Final Report.
[20.] Vadlamani S.; Chen E.; Ahn S.; Washington S.; 2011. Identifying Large Truck Hot Spots Using Crash Counts and PDOEs”, Journal of Transportation Engineering, (ASCE / American Society of Civil Engineers), Vol. 137, Issue 1, pp. 11-21.
[21.] VRS - Vlada Republike Srbije; 2012. Uredba o kategorizaciji državnih puteva, Službeni glasnik RS, broj 14/2012, Beograd.

PROTOKOLI SISTEMA UPRAVLJANJA TUNELOM - TUNEL STRAŽEVICA

Nenad Vučinić[1], Predrag Vučinić[2],
[1] Energoprojekt niskogradnja a.d., Sektor Transport, šef transporta, dipl.inž.saobraćaja, Bulevar Mihajla Pupina 12.,11070 Beograd, P. Fah 20, Srbija,, n.vucinic@energoprojekt-ng.rs
[2] Kompanija ABB d.o.o., Tehnički inženjer-PP divizija,dipl.inž.saobraćaja, Kumodraška 235, Beograd, Srbija, predrag.vucinic@rs.abb.com

Rezime: *Važnost tunela u drumskom saobraćaju, kao nezaobilazne karike u infrastrukturi putne mreže, u sadašnjem vremenu ne ogleda se samo kroz njegovu fizičku pojavu na mreži nego i kao nezobilazan objekat koji se nadzire i kojim se upravlja, kako u eksploatacijskom smislu tako i u energetskom smislu, zavisno od kategorije tunela. Upravljački sistemi tunela moraju imati mogućnost reakcije na predviđene i definisane situacije tj. događaje koji predstavljaju netipične situacije u odnosu na redovno odvijanje sapobraćaja. Od izuzetnog značaja jeste bezbednost saobraćaja u zoni objekta tunela, a direktan uticaj na to ima sistem upravljanja tunelom. Sastavni delovi takvog sistema jesu protokoli upravljanja.*

Ključne reči: *sistem upravljanja, nadzor, protokol, scenario, bezbednost saobraćaja, SCADA.*

1. UVOD

Putni tuneli su nezaobilazni element saobraćajne infrastrukture mreže puteva. Sam objekat tunela je najzahtevniji element kako u građevinskom tako i u eksploatacionom smislu. Zavisno od kategorije puta i tunela na mreži se odvijaju različiti saobraćajni tokovi. Saobraćajni tokovi koji prolaze tunelima, u smislu bezbednosti saobraćaja, imaju fizičko ograničenje u vidu same tunelske cevi. Imajući to u vidu, a s obzirom da je prostor na kome je moguća saobraćajna nezgoda vrlo mali i ograničen, pristupa se predefinisanju upravljanja tunelom i vođenja saobraćaja kako bi se mogućnost saobraćajnih nezgoda svela na minimalnu meru.

2. TEHNIČKI ZAHTEVI

Početni tehnički zahtevi opremanja tunela zasnivaju se na evropskim direktivama koje su definisale minimum tehničih zahteva za tunele kako bi se uopšte moglo sprovesti upravljanje. Direktiva na kojoj se zasniva jedinstveni pristup je: "DIRECTIVE 2004/54/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European road network" i "CORRIGENDUM TO DIRECTIVE 2004/54/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European road network" (OJ L 167, 30.4.2004), OJ L 201, 7.6.2004.. Pored navedenih dokumenata, vrlo važni su i dokumenti RABT (Regulationsfor theequipment and operation of road tunnels) i RVS (Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen) koji predstavljaju najrazvijenije smernice i definicije koje se primenjuju u saobraćajnoj tunelistici Evrope.

3. PROTOKOLI I DIJAGRAMI TOKA – OSNOVNA PODELA

Opremanje tunela je značajnim delom uslovljeno građevinskim i drugim projektima, ali je dizajniranje upravljanja saobraćajem jedan od ključnih faktora koji treba imati u vidu po pitanju bezbednog vođenja saobraćaja. Za mnoge tunele principi su isti, ali je vrlo teško naći dva ista tunela. Dizajniranje vođenja saobraćaja u projektnom i praktičnom smislu ogleda se kroz protokole ili scenarij upravljanja. Nakon predefinisanja protokola pristupa se izvođenju Sistema daljinskog upravljanja tunelom u kojem se realizuje i vođenje saobraćajnih tokova. Svrha izrade takvog sistema jeste planska priprema hardverske i softverske opreme i osoblja upravljačkog centra kao i podrške za brzo , efikasno delovanje i postupanje u trenutku nastanka pojedinog događaja. Kroz vremenski okvir od dvadeset godina došlo se do osnovne podele protokola koja se primenjuje na većini evropskih tunela.

---

[2] Autor zadužen za korespodenciju: n.vucinic@energoprojekt-ng.rs

Osnovna podela predefinisanih situacija, pretpostavljeni mogući događaji u zoni tunela dele se u četiri osnovne celine koje daju jasnu sliku sastavnih delova protokola, a to su:
- Protokoli redovnog pogona
- Protokoli mogućih kvarova
- Protokoli mogućih incidenata /akcidenata
- Protokoli održavanja

Pored navedenih protokola moraju se proizvesti odgovarajući algoritmi – dijagrami toka prema kojima će se Sistem upravljanja tunlom realizovati do kraja kroz upravljačku SCADA aplikaciju. **Suština jeste u nedeljivosti funkcija protokola i bezbednosti saobraćaja.** Bilo koji predviđeni poremećaj funkcije tunelske infrastrukture može dovesti do opasne situacije u saobraćajnom toku, međutim biva sistemski registrovan i korigovan na odgovarajući način da umanji uticaj na pojavu opasne situacije. Isto tako, predviđena netipična situacija u saobraćajnom toku biva registrovana što daje impuls da se tunelski upravljački sistem prilagodi I reaguje u realnom vremenu.

Dokumenti se sastoje od tekstualnog dela koji objašnjava automatski rad sistema upravljanja u korelaciji sa postupanjem odgovornog osoblja što na kraju rezultuje dovođenjem sistema u redovni pogon tunela. Osnove su poznate, međutim sama dokumentacija sadrži i neke poverljive elemente koji se tiču npr. postupaka u vanrednim situacijama od državnog značaja i korišćenja široj javnosti nepoznatog, a predviđenog resursa. Detaljniji uvid u sličnu dokumentaciju nije javno dostupan.

3.1. ISKUSTVA

Sistemi upravljanja, zasnovani na osnovnoj podeli, realizovani su na mnogim tunelima u Evropi – Mont Blanc (F), Great St. Bernard (I), Arlberg (A), Inntal (A), Strenger (A), Gotthard (CH), Karavanke (SLO). U Hrvatskoj je na većini tunela realizovano upravljanje prema datoj osnovnoj podeli.

Praktično u Evropi na postoji tunel iznad 500 metara koji nema sistem daljinskog upavljanja. Pomenuta veličina se kroz vreme smanjuje i na 400 metara tako sto se rehabilitacijom manji tuneli uključuju u ITS sistem i postaju sastavni deo resursa upravljanja na putnoj mreži.

U Srbiji, tunel Stara Straževica je bio prvi koji je realizovan 2009.- 2010 po osnovnim principima upravljanja, sa svim definisanim podsistemima. Primenjen je sistem upravljanja sa minimalnim brojem protokola, ali nepostojanje procedura održavanja tunela doveo je do stanja u kojem je preostala samo funkcija osnovne rasvete. Definisanjem procedure održavanja tunela i formiranjem protokola u vrlo kratkom roku tunel bi postao reprezentativni putni objekat.

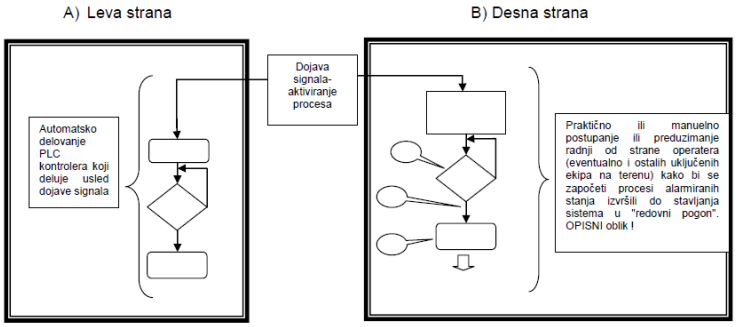
3.2. Protokoli - tunel Straževica

Na tunelu Straževica realizovani su protokoli koji su odraz zahteva projektne dokumentacije. Nije bilo posebnog, jasnog projektnog zadatka koji bi definisao četiri osnovne celine već se moralo pristupiti načinu izrade koji će zadovoljiti rezultate u skladu sa zahtevom projektne dokumentacije. Definisani su:
- protokol redovnog pogona
- protokol incidenta (požar, nezgoda)
- protokol otvaranja vrata niše
- protokol pojave CO
- protokol nestanka napajanja

Suština jeste što izvedena podela predstavlja minimum postupaka koji se odnose na različita predviđena stanja opreme tunela i predviđeni minimum situacija u zoni tunela. Za svaku podelu, protokoli su algoritamski predefinisali rad pojedine opreme kao i bezbedno vođenje i odvijanje saobraćaja u tunelu i zoni tunela. Delovi protokola upravljanja koji nisu realizovani odnose se na protokole kvarova tunelske opreme, protokole održavanja tunela i incidenti /akcidenti koji su obrađeni na minimumu.

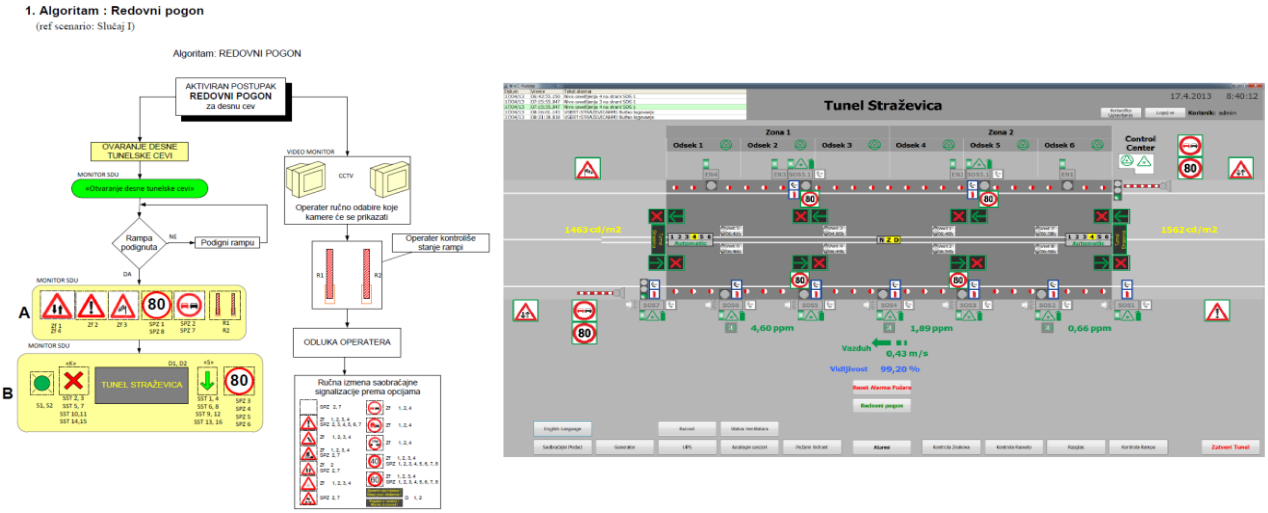
Algoritamski tokovi prikazuju uslove i postupke koji se sprovode na nivou jedne tunelske cevi sa dvosmernim saobraćajem. Na početku svakog od algoritamskih tokova navedeni su referentni scenariji tj. protokoli prema kojima se izrađuje dijagram. U slučaju tunela Straževica predviđen je princip čitanja dve predmetne celine, a to su:
A) automatsko upravljanje PLC kontrolera
B) usaglašeno sa A) – praktično i manuelno postupanje i delovanje operatera, ostalih uključenih ekipa na terenu – vatrogasci, policija, hitna pomoć, održavanje puteva i sl.
Leva strana predstavlja jednu celinu algoritamskog toka koji se odnosi na automatsko delovanje kontrolera koji sam deluje usled pojave signala nekog od navedenih alarma, uz upit ka operateru za definisanim odgovorom.

Desna strana predstavlja drugu celinu algoritamskog toka, praktično ili manuelno postupanje ili preduzimanje različitih radnji kako bi se započeti procesi alarmnih stanja izvršili do stavljanja Sistema u "redovni pogon". Nedostaci definisanih procedura uslovili su da ova celina nije stroga upravljačka forma već opisno predložena logička celina.

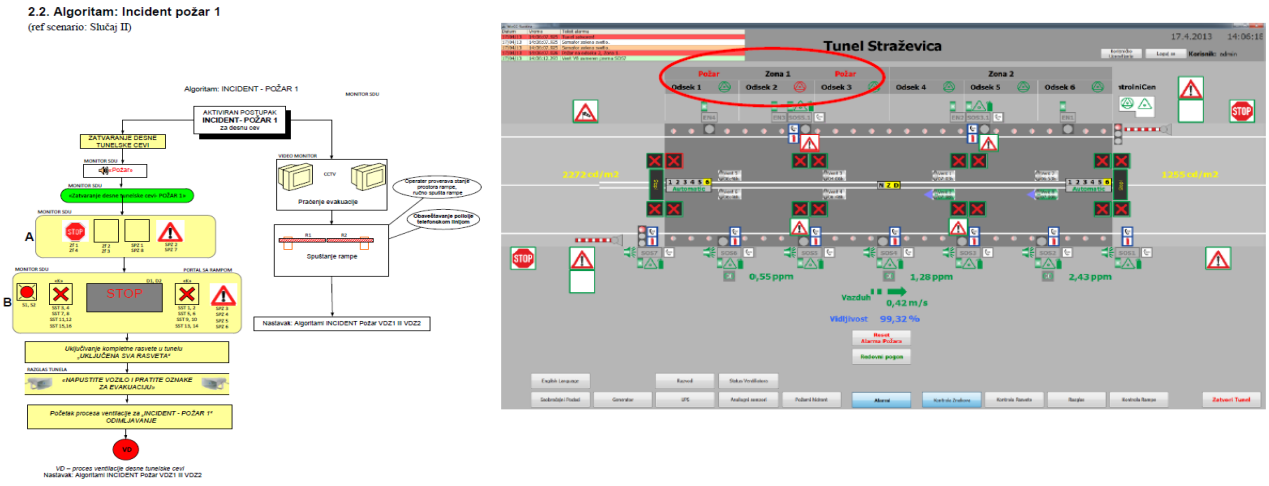


Slika 1. *Način čitanja protokola /algoritma*
Izvor: Energoprojekt , materijal autora

Primeri dela realizovnog sistema daljinskog upravljanja tunelom Straževica prikazani su na slikama 2 i 3.

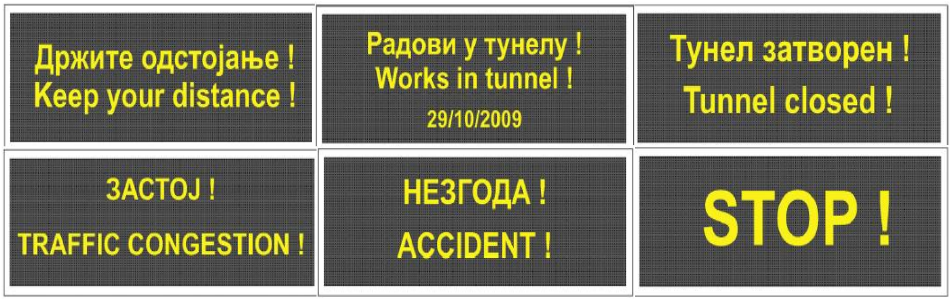


Slika 2. *Primer algoritma i SCADA – redovni pogon*
Izvor: Energoprojekt, materijal autora



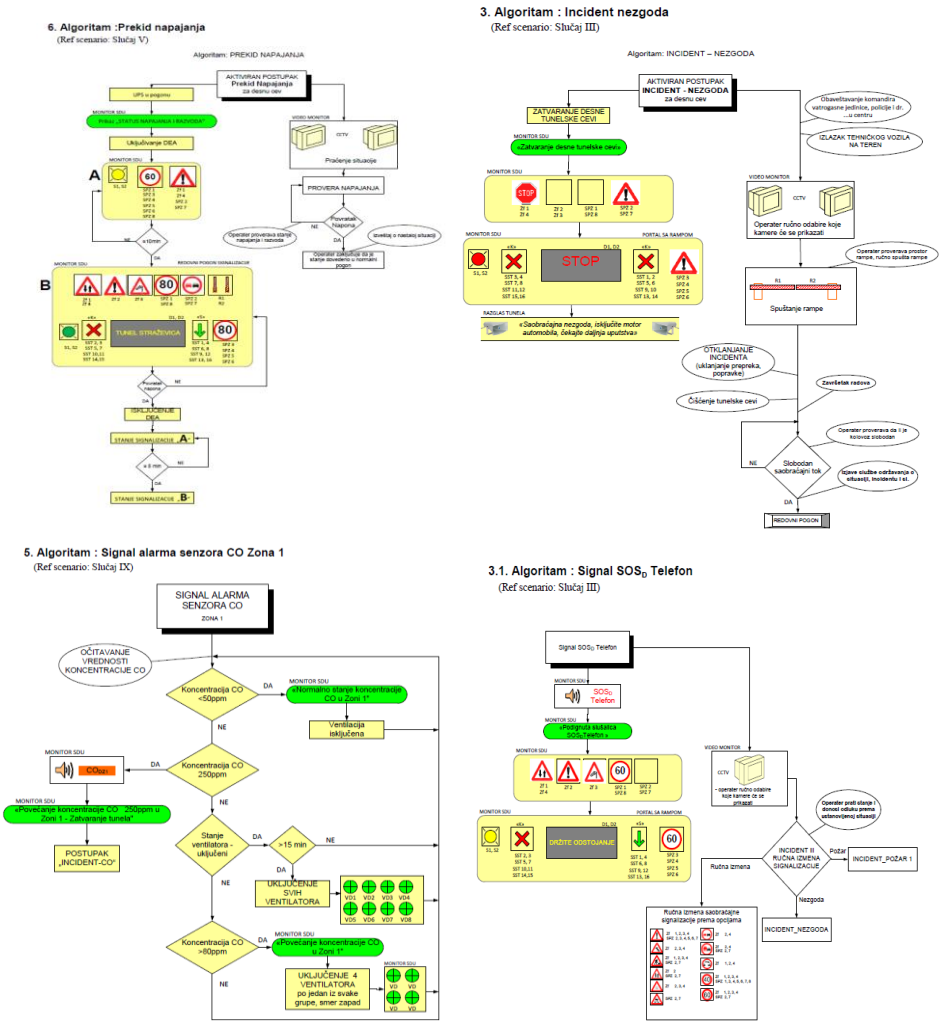
Slika 3. *Primer algoritma i SCADA – incident-požar*
Izvor: Energoprojekt, materijal autora

Svaki referentni scenario svojim protokolom i algoritmom precizno i nedvosmisleno definiše rad svakog pojedinačnog instaliranog podsistema i njegovih perifernih elemenata u tunelskoj cevi. Najizloženiji prema vozačima je podsistem daljinskog vođenja saobraćajnog toka koji kontroliše svetlosnu saobraćajnu signalizaciju i prikazuje trenutno saobraćajno stanje tunela. Bilo koje odstupanje se mora prikazati vozačima na odgovarajući način jer u protivnom može doći do nepredviđene reakcije u toku vožnje. Odstupanje se odnosi na opremu 12 podsistema tunela i na saobraćajni tok.



Slika 4. Tekstualne poruke realizovane na tunelu Straževica
Izvor: Energoprojekt, materijal autora

Krajnji rezultat predefinisanih protokola sa pripadajućim algoritmima, sa postupkom simulacije i realnim testiranjem sistema upravljanja jeste knjiga postupanja. Korišćenje knjige tzv. "postupnika", koja definiše korake u postupku dovođenja sistema tunela u stanje "redovnog pogona" mora biti uvežbano od strane operatera nadležne službe Upravljača puta i to koordinisano sa svim relevantnim sudionicima u procesu. Protokoli će većim delom pokrenuti automatski odgovor u odnosu na zadati impuls - situaciju, međutim preostale akcije moraju se izvršiti radom uvežbanih ekipa i posada.



Slika 5. *Predefinisani dijagrami toka upravljanja, postupanja*
Izvor: Energoprojekt, materijal autora



Slika 6. *Predefinisan znak u zoni tunela - direktan izlaz na most*
Izvor: Energoprojekt, materijal autora



Slika 7. *Predefinisani znakovi u zoni tunela – definisani protokolom*
Izvor: Energoprojekt, materijal autora

4. REALNI PROBLEMI

Prilikom same realizacije protokola i algoritma upravljanja na tunelu Straževica uočeni su nedostaci u smislu **nepostojanja ulaznih parametara** tj. jasnih procedura koje su doprinele smanjenom obimu scenarija i kapaciteta protokola, a to su procedure:
- održavanje tunelske cevi – čišćenje kolovoza, oplate, održavanje signalizacije
- održavanje tunelske cevi – kvarovi na perifernoj opremi, održavanje signalizacije
- postupanje vatrogasnih posada
- postupanje hitnih službi – policija , hitna pomoć

Međutim, isto tako, do sada nije bilo preciznijih projektnih zadataka koji su se odnosili na tu vrstu upravljačke problematike pa je ovaj realizovani projekat po prvi put dao mogućnost da se uoče **smernice za unapređenje samog projektnog procesa** u oblasti upravljanja saobraćajem, specijalno tunelima i putevima prvog reda.

Ekspanzija je nezaobilazna i neminovna tako da je problematika formiranja nadzornih centara dodatni teret i problem u stvaranju ključnih upravljačkih tačaka. Evidentno je da kod nas nema dovoljno stručnjaka integrisanog, balansiranog, primenjenog znanja u ovoj oblasti tako da je vrlo teško iznaći resurse da se projekti ove vrste izvedu na dovoljno visokom nivou.

Koordinacija hitnih službi, policije, budućih helio-posada, službi održavanja mora postati redovna praksa i to na način da se na realnom primeru tunela Straževica nastavi rad od tačke do koje se došlo, a to je formiran upravljački sistem tunela, kroz realno uvežbavanje ekipa i posada. Scenariji - protokoli, kao i oprema, koji su implementirani daju dobru osnovu da se može početi sa trenažom.

5. ZAKLJUČAK

Mora se imati u vidu da je tunel složeni putni objekat u kojem može doći do teških posledica u slučaju saobraćajne nezgode i sve je podređeno cilju bezbednosti saobraćaja. Vrhunac jeste adekvatno daljinsko upravljanje tunelom i njegovim resursom koji su suštinski saobraćajni i energetski. U tom smislu, zavisno od kategorije, tunel predstavlja tačku koja mora biti predmet stalnog praćenja, nadzora, održavanja i upravljanja.

Bezbednost saobraćaja u tunelima predstavlja **totalni prioritet** , sve je podređeno tome i više nije predmet rasprava stručne javnosti. Šta više, putni tunel predstavlja prostor u kojem se sudionici u saobraćaju upoznaju sa mogućnostima tehnike, tehnologije, svojim vozačkim sposobnostima, a stručnjacima različitih struka daje mogućnosi da se upoznaju sa novim situacijama i tehnikama rešavanja konkretnih problema.

Tunel Straževica i njegov sistem daljinskog upravljanja postavio je startnu liniju za budući razvoj jedinstvenog sistema nadzora i upravljanja. Aktiviranjem upravljačkog sistema tunela Stara Straževica i

njegovim objedinjavanjem sa tunelom Straževica ka upravljačkom centru pokrenuo bi se točak razvoja ITS sistema na putevima. Samim tim bezbednost saobraćaja popela bi se lestvicu više.



Slika 8. *Potreba da se nezgode svedu na minimum*
Izvor: Internet, EU Road Tunnels

Literatura

[1] Vučinić, N., Vučinić, P. (2012.) – Centralni sistem upravljanja i protokoli sistema – TUNEL STRAŽEVICA, Knjiga testiranih procedura i postupaka

МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ИТС УРЕЂАЈА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА

мр Миладин Нешић[1] Зоран Пешовић , MSc Емир Смаиловић[3]
[1] Криминалистичко-полицијска академија, miladinnesic@gmail.com
[2] Јавно предузеће "Путеви Србије", zoran.pesovic@gmail.com
[3] Саобраћајни факултет у Београду, Војводе Степе 305, smailovicemir@gmail.com

Резиме: *Услови ограничених финансијских ресурса са једне стране и потреба унапређивања безбедности саобраћаја са друге стране намећу нове, ефикасне и економичне моделе управљања саобраћајем. У том смислу примена ИТС-а се показала као оптимално решење. Појам интелигентни транспортни системи (ИТС) представља систем мера и технологија примењених у транспортном систему који обједињује информатичку и телекомуникациону технологију са циљем унапређења безбедности саобраћаја и ефикаснијег функционисања саобраћаја. Правовремене и квалитетне информације прослеђене учесницима саобраћаја, управљачу пута и осталим институцијама значајно утичу на хомогеност саобраћајног тока, а самим и на смањење броја саобраћајних незгода, краћег времена путовања, већег нивоа услуге на путевима и др. Коришћење система ИТС-а, као што су: системи за откривање незгода, системи упозорења (знакови са изменљивим садржајем), откривање прекршаја, црне кутије у возилима, променљива ограничења брзине, интелигентно вођење саобраћајног тока, тренутни утицај на видовну расподелу транспорта или системи који предност дају јавном превозу значајно унапређују механизам управљања саобраћајем. У овом раду су приказани примери најбоље праксе коришћења ИТС-а у земљама света. Анализиране су постојеће и могуће области примене ИТС-а на државним путевима у Републици Србији.*

Кључне речи: *безбедност саобраћаја, интелигентни транспортни систем, управљач пута, пут, модел управљања саобраћајем*

1. УВОД

Повећан обим саобраћаја доводи до потребе константног развијања ефективнијих модела управљања саобраћајем. Концепт неограничених финансијских ресурса и константно повећање улагања у систем изградње и одржавања постојећих путева је, за савремено друштво, неодржив. У том смислу промена са система „пројектуј и изгради“ на систем „унапреди управљање“ може се спровести на различите начине, али се примена интелигентних транспортних средстава (ИТС) показала као оптимално решење са аспекта цене иефективности. *Интелигентни транспортни систем представља систем мера и технологија примењених у транспортном систему који обједињује информатичку и телекомуникациону технологију са циљем повећања нивоа безбедности саобраћаја, ефективнијег функционисања саобраћаја са мање застоја и нижим нивоом загађења животне средине.*

Bunch et al. (2011) наводе да интелигентни транспортни систем обезбеђује доказан скуп стратегија за унапређење безбедности саобраћаја, побољшању мобилност и одрживу заштиту животне средине интегришући комуникацију и информације добијене из софтверских алата у систем управљања свих видова саобраћаја. Bunch et al. (2011) наводе да ће у будућности интелигенти транспортни систем омогућити повезивање међу возилима, инфраструктуре и путника, омогућавајући возачима да шаљу и примају информације о условима на путу у реалном времену.

Искуства из САД показују да се употребом ИТС за смањење броја саобраћајних незгода постиже смањење између 15% и 62%. Конкретно, FAST-TRAC пројекат у Oakland, Мичиген, имао је за резултат смањење од 89% саобраћајних незгода при левом скретању, смањење за 27% укупних повреда и смањење од 100% тешких телесних повреда. Guidestar TMS пројекат у Минеаполису резултирао је смањењем од 25% саобраћајних незгода, порастом у просечној брзини за време вршног сата од 35%, а искоришћеност капацитета путева резервисаних за моторна возила је порастао за 22%.

Примена ИТС приликом саобраћајних инцидената и застоја редукују трајање инцидената од догађања до успостављања нормалног одвијања саобраћаја са 86 на 30 минута. Давањем обавештења о инциденту на дисплеју знакова са изменљивим садржајем пошто се инцидент догоди, спречава се настанак нових незгода.

[1] Емир Смаиловић, smailovicemir@gmail.com

Такође у САД, (округ Fulton, Georgia) давањем приоритета возилима служби за спасавање, смањено је просечно време одзива за случај пожара са 7,5 на 4,5 минута.

COMPASS – канадски ИТС за управљање саобраћајем на путевима резервисаним за моторна возила умањио је укупне временске губитке за 5,3 милиона возила-сати годишње, а потрошњу горива за 11,3 милиона литара годишње. Електронски систем наплате путарине (PIKEPASS) у Оклахоми смањио је оперативне трошкове једне кабине за наплату путарине са 176.000 на 16.000 долара по години. Време задржавања возила у тракама за наплату путарине у New York City умањено је са 15 минута на мање од 30 секунди након увођења система наплате путарине заснованог на E-W пропусници (електронска наплата).

Јапанско искуство у примени система ИТС демонстрира да мере управљања саобраћајем доводе до уштеде до 11% годишње потрошње горива.

Министарство саобраћаја САД процењује да употреба ИТС може уштедети пореским обвезницима 35% вредности суме инвестиране у инфраструктуру и смањити трошкове трајања путне мреже током наредне деценије за 25% или 30 милијарди долара. Такође, Министарство саобраћаја САД процењује да ће ИТС инвестиције генерисати 350 милијарди долара директних економских користи и 600.000 нових радних места.

ИТС у савременом саобраћајном систему има вишеструку примену, а нарочито се истиче постизање следећих циљева:

- повећање безбедности саобраћаја – управљање саобраћајем, уз помоћ знакова са изменљивим садржајем, при неповољним временским условима, појави саобраћајних застоја и саобраћајних незгода; системи у возилу за избегавање саобраћајне незгоде; аутоматизовани системи за откривање саобраћајних незгода, детекција места саобраћајне незгоде помоћу система GPS, обавештавање спасилачких екипа и измена режима саобраћаја како би спасиоци имали предност;
- смањење застоја у саобраћају – управљање саобраћајем уз помоћ знакова са изменљивим садржајем који обавештавају кориснике саобраћајног система о застоју и преусмеравање корисника на другу трасу; оптимизација управљања сигналима у граду на основу тренутних захтева на мрежи; систем обавештавања корисника о слободним местима на паркиралиштима; електронска наплата уласка у централну градску зону; електронска наплата путарине;
- заштита животне средине – смањење застоја и повећање брзине саобраћајног тока; давање предности возилима јавног градског превоза путника у односу на индивидуална возила; квалитетне информације о реду вожње и могућност електронског плаћања услуга фаворизује употребу јавног градског превоза путника; доступност и пренос информација у реалном времену о видовима саобраћаја којима се може стићи са једног одредишта на друго;
- ефикасни превоз терета – транспортна средства обележена уређајем за електронску идентификацију возила који дају информацију о терету и маршрути возила; праћење превоза опасних материја и одређивање маршруте за превоз; пренос информација о терету царинским службама у циљу скраћивања задржавања на граничним прелазима; управљање кретањем група теретних возила на аутопуту; заштита од крађе возила;

1.1. Интелигентни системи за повећање безбедности саобраћаја на путевима

Да би се постигли значајни резултати у повећању нивоа безбедности саобраћаја, неопходно је деловати на све чиниоце система човек-возило-пут-околина. Компонента система безбедности саобраћаја која се заснива на помоћи возачу у току вожње употребом система у возилу и на самом путу су интелигентни транспортни системи. Ови системи, најчешће се примењују као превентива настајању саобраћајних незгода, али се користе и при ублажавању последица саобраћајних незгода.

По месту на којем се информације преносе корисницима разликујемо:

- интелигентна транспортна средства и
- интелигентне саобраћајнице.

Функције интелигентног транспортног средства у циљу спречавања саобраћајних незгода помажу возачу да избегне или предупреди незгоду употребом система који се налазе у возилу и који процењују природу или значај претње, узимајући у обзир стање возача. Циљ ових функција је да помогну возачу, мењајући његово понашање у неким ситуацијама. У зависности од значаја и близине претње, систем ће возача информисати о опасности што раније, упозорити га ако није правовремено реаговао и активно му помоћи или самостално реаговати у циљу избегавања саобраћајне незгоде.

Допунске функције интелигентног транспортног средства помажу возачу да се креће безбедном брзином, да држи безбедно растојање, вози у истој саобраћајној траци, не започиње претицање у критичној ситуацији и избегне сударе са рањивим учесницима у саобраћају.

Употреба информација о саобраћају и транспортним средствима, комуникационих технологија и одређивање положаја транспортних средстава помоћу GPS-а у циљу превентивног деловања на настанак саобраћајних незгода неумитно води ка повећању нивоа безбедности саобраћаја. Са технологијом која може да функционише независно као саставни део возила, односно да комуницира са другим возилима и саобраћајном инфраструктуром, број саобраћајних незгода и њихове последице ће бити знатно смањене.

Интелигентне саобраћајнице представљају системе који су део опреме на путевима и служе за повећање нивоа безбедности саобраћаја и побољшање ефикасности саобраћајног система. У зависности од улоге у систему разликујемо неколико типова интелигентних транспортних система заснованих на инфраструктури:

- системи за управљање саобраћајем на путевима – системи намењени оптимизацији саобраћајног тока, смањењу временских губитака и смањењу вероватноће настанка саобраћајних незгода;
- системи за информисање путника – системи који у реалном времену преносе информације о саобраћајним токовима, временским условима и омогућавају возачима да ускладе своје понашање са условима на путу како би предупредили настанак саобраћајних незгода;
- системи за управљање саобраћајем на раскрсницама – управљање саобраћајним токовима у реалном времену и на основу стања на саобраћајној мрежи, упозорење на непоштовање црвеног светла од стране неког учесника у саобраћају, заштићена скретања.

Такође, постоје два начина да се преко ИТС унапреди безбедност саобраћаја: преко система који утичу на безбедност директно и индиректно. Примери који обухватају директне системе су: откривање незгода, системи упозорења који користе знакове са изменљивим садржајем, откривање прекршаја, електронске дозволе, црне кутије у возилима, променљива ограничења брзине, интелигентно прилагођавање брзине. Примери индиректних система су они који мењају изложеност саобраћају или вид транспорта, затим системи за електронску наплату и системи који предност дају јавном транспорту.

Правовремене и квалитетне информације смањују број и последице саобраћајних незгода чиме се побољшава безбедност саобраћаја. Обезбеђивање непрекидног и униформног саобраћајног тока доводи до мањег броја конфликтних ситуација, а самим тим и до мање саобраћајних незгода. Смањење времена реаговања надлежних служби након настанка незгоде обезбеђује смањење чекања на рашчишћавање места саобраћајне незгоде. Аутомобилске индустрије широм света раде на имплементацији и развоју система који ће смањити број судара и последица након судара. Као и обично ови производи су прво доступни купцима скупљих возила, а када цена почне да пада биће доступни много ширем броју купаца. До сада је била пракса да у земљама у развоју треба да прође око двадесет година за масовну примену актуелних и одговарајућих система заштите учесника у саобраћају, али ће временом савремени системи бити доступнији. Примена ИТС даће добре резултате у смањењу застоја на саобраћајницама, што сигурно има за резлутат и мањи број судара, као и квалитетније и брже реаговање возила хитних служби након судара.

Негативан утицај транспорта као што је потрошња енергије, закрчење и загађење су повезане са укупном количином саобраћаја. Ипак, изложеност ризику страдања у саобраћају је једна од главних променљивих безбедности на путу. Истраживање и искуство указују на то да ће уколико је смањена укупна километража возила, бити смањен и број незгода. Смањење саобраћаја је пре свега еколошки циљ.

Јака веза са еколошким утицајем је јасна предност јер значи бољу профитабилност и политички фокус мера које ће смањити изложеност саобраћају и ризицима у саобраћају.

ИТС апликација, која је на основу искустава многих земаља у којима је примењена, показала изваредан потенцијал у смањењу броја саобраћајних незгода је електронска возачка дозвола која се директно тиче ауторизације возача и његове способности да управља моторним возилом.

За многе ИТС апликације које се тичу изложености резултати су недоступни. Да би се побољшало доношење одлука, препоручује се да будуће шеме процене ИТС апликација треба да размотре било какав потенцијални ефекат на изложеност у саобраћају.

Постоји велики број система са великим потенцијалом за смањење ризика од саобраћајних незгода. Безбедносни утицај неких ИТС је већ потврђен у практичним тестовима и демонстрацијама, док се у многим случајевима процене безбедносног потенцијала заснивају на будућим безбедносним анализама.

На путевима ван насеља тренутни системи са потенцијалом да смање број повреда и смртних случајева су за више од 10% у мањем броју у односу на аутопутеве. Међутим њихова ефикасност је знатно већа. Интелигентна регулација и прилагођење брзине поседује потенцијал који за 20 – 30% смањује повреде у саобраћајним незгодама.

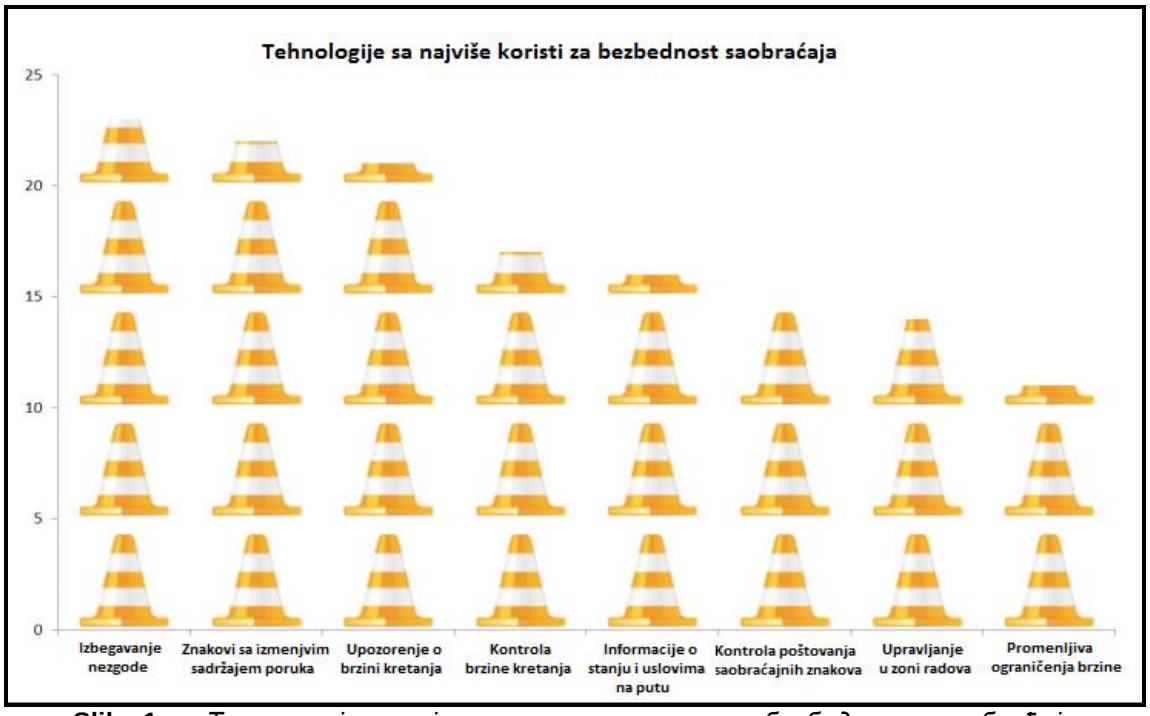
Смањење последица саобраћајних незгода је трећа основна мера за повећање безбедности саобраћаја. ИТС за смањење последица саобраћајних незгода су још увек у развоју, иако је ова област систематски истраживана током последњих тридесет година. Ови системи не утичу на смањење броја саобраћајних незгода, али утичу на смањење броја настрадалих у саобраћајним незгодама. Најефективније мере са становишта смањења броја повреда су: сигурносни појасеви, системи ваздушних јастука, кациге. Један од основних разлога успешности ових система је да ефикасност пасивне заштите не зависи од компензације понашања, као већина активних мера. Ипак, смањење последица судара садржи много више пасивних мера заштите од оних које су наведене.

Истраживањима је уочено да се највећи резултати у повећању безбедности саобраћаја остварују применом ИТС за смањење последица саобраћајних незгода за путнике у возилима, као и ИТС за хитна обавештавања који смањују време између судара и помоћи жртвама саобраћајних незгода. ИТС тренутно немају велики утицај на адекватну рехабилитацију жртава саобраћајних незгода.

Идеја о смањењу последица повреда у сударима путем различите заштитне опреме возила или опреме поред пута релативно је нова у дугој историји примене мера за повећање безбедности на путу. Хиљаде живота су спасили уређаји као што су сигурносни појасеви, заштитне кациге, ваздушни јастуци, заштитне ограде поред пута и деформабилни савитљиви светлосни стубови.

Смањење брзине свих возила има веома велики утицај на смањење брзине возила у тренутку судара, што ће знатно утицати на смањење последица саобраћајних незгода. ИТС апликације које су састављене од телекомуникационих система и система за детекцију могу повећати ефикасност система за смањење последица повреда у саобраћајним незгодама. Тренутно је највећи потенцијал у повећаној употреби сигурносних појасева и блокада употребе возила. Треба имати на уму да је ИТС технологија и даље у повоју и да ће даљим развојем остварити још већи утицај на повећање нивоа безбедности саобраћаја.

У истраживању Министарста саобраћја САД које су спровели Bunch et al. (2011), од 2008. до 2011. године разматрана је корист, цена и ниво развоја ИТС уређаја у Сједињеним Америчким Државама. Између осталог, Bunch et al. (2011) су анализирали користи развоја одређених технологија на систем безбедности саобраћаја и систем повећања мобилности. Посматрано за систем унапређење безбедности саобраћаја, Bunch et al. (2011), наводе да су се у анализираном периоду највише користи добиле развојем система за избегавање судара у возилима, затим знакови са измењивим садржајем порука, упозорења о брзини кретања возила, системи за детекцију прекорачења брзине, системи за информисање возача о стању и условима на путу, системи за детекцију непоштовања осталих саобраћајних знакова, системи за управљање саобраћајем у зонама радова на путу, управљање променом ограничења брзине (Слика 1).

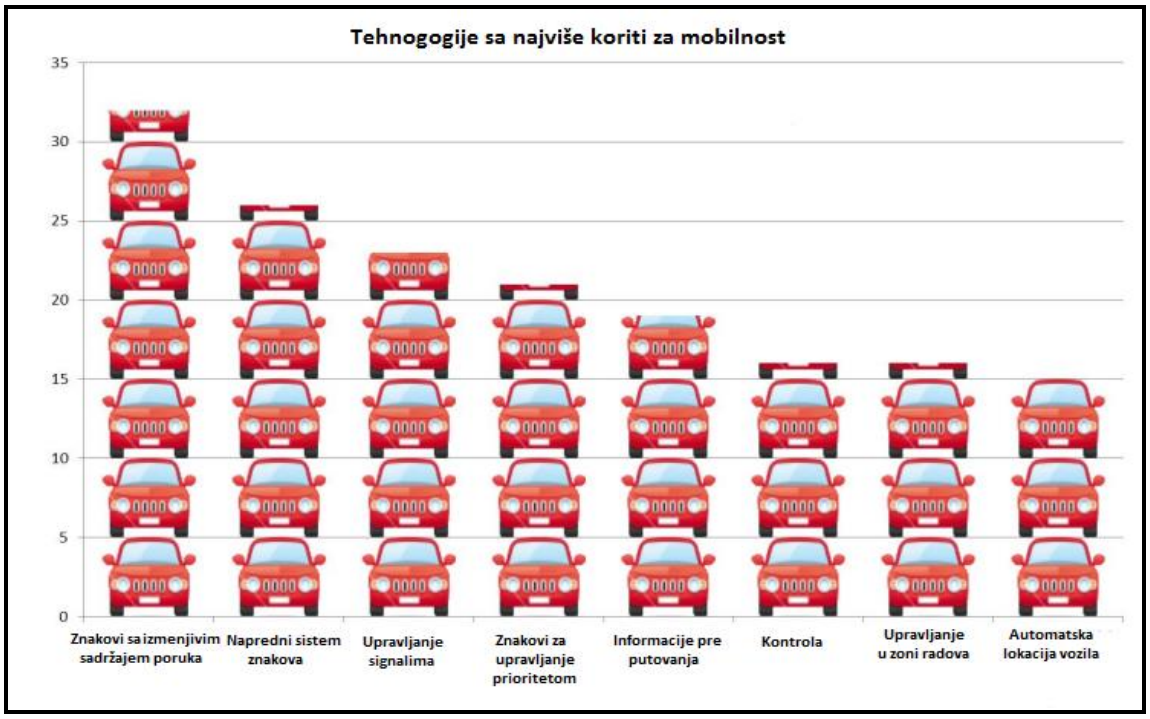


Slika 1. *Технологије са највише користи за систем безбедности саобраћаја*
Bunch et al. (2011)

Системи за избегавање незгоде користе сензоре и телекомуникациону мрежу за размену информација са осталим возилима, као и са подацима о инфраструктури. Системи упозорења који се налазе у возилу преносе информације возачима о конфликту његовог возила са другим возилом или са оградом пута. Од система за избегавање незгоде (судара) издвајају се системи:

- Системи за упозорење конфликта на раскрсници су пројектовани да детектују и упозоре возача на постојећи саобраћај у тој раскрсници и потенцијалном кршењу прописа на тој раскрсници;
- Систем за детектовање препрека, обухвата детектовање возила, одрона на путу или животиња на путањи кретања возила коришћењем различитих сензора на возилима;
- Систем за упозорење о промени саобраћајне траке обавештава возаче о евентуалном кретању возила траком којом возач намерава да се креће. Систем је развијен пре свега за аутобусе и теретна возила;
- Систем за упозорење о изласку возила из саобраћајне траке којом се креће, обавештава возаче да ће возило напустити траку којом се креће;
- Систем упозорења о превртању, обавештава возаче када се крећу великим брзинама кроз кривине узимајући у обзир карактеристике возила;
- Систем за упозорење возачима да ће возило исклизати са коловоза, када се крећу великом брзином кроз кривину;
- Систем избегавања чеоног судара, када се возило којим возач управља приближава другом возилу испред;
- Систем упозорења о конфликту са возилом иза, обавештава возача о постојању возила иза свог возила и могућем конфликту.

Унапређење мобилности грађана се пре свега мери временом путовања или временом кашњења, као и економским уштедама у путовању. Bunch et al. (2011) у свом истраживању су дошли до закључка о осам технологија са највећим користима за систем унапређења мобилности, а то су: знакови са измењивим садржајем порука, напредни систем саобраћајних знакова, систем управљања саобраћајним сигналима, систем управљања знаковима којима се регулише првенство пролаза, информације добијене пре путовања, контрола поштовања прописа у саобраћају, систем за управљање саобраћајем у зони радова, аутоматско позиционирање возила (Слика 2).



Slika 2. *Технологије са највише користи за систем унапређења мобилности*
Bunch et al. (2011)

Bunch et al. (2011) наводе да унапређење превенције настанка саобраћајних незгода, повезано са путевима ван насеља обезбеђују системи као што су: упозорење пренето возачима о геометрији пута, упозорење о наиласку на раскрсницу, системи за детекцију пешака и системи упозорења о појави животиња на путу. Ефикасни подсистеми система упозорења о геометрији пута су: упозорење о већој брзини кретања за постојећу геометрију пута, обавештење о безбедној брзини кретања кроз наилазећу кривину, обавештење о опасности од превртања возила (посебно значајно код комерцијалних возила), обавештење о наиласку на делу пута који се пружа у паду и безбедној брзини кретања на том делу пута, упозорење о наиласку на вертикалну кривину.

Системи за упозорење о наиласку на раскрсницу користе тренутне податке о саобраћају и преносе возачима који наилазе на раскрсницу, информације о кретању другог возила, путем сигнала постављених испред раскрснице или директно у возило, уколико возила омогућава такав систем комуникације.

Системи за заштиту пешака, пре свега обухватају, уређаје који аутоматски детектују наилазак пешака и управљају светлосним сигналима на начин да омогућавају пешаку пролазак пешачког прелаза. Остали системи за унапређење безбедности пешака подразумевају обавештење о времену до појаве зеленог сигнала за пешака (дисплеје са бројачем).

Системи за детекцију појаве животиња на путу пре свега подразумевају коришћење посебних технологија у возилима (infrared) или осталих сличних технологија за детектовање појаве животиње на путу и активирање сигнала који обавештава возача.

2. ИСКУСТВА ПРИМЕНЕ ИТС-а У ЗЕМЉАМА У СВЕТУ

Шведска

Шведска поседује висок ниво познавања интелигентних технологија ИТ и телекомуникација и значајне вештине у аутомобилској индустрији. Шведска има висок ниво безбедности у саобраћају и висок ниво на пољу заштите животне средине. Користећи се добрим развојним нивоима на поменутим пољима, Швеђани верују да је њихов начин надградње постојећег транспортног система за потребе ИТС веома ефикасан и напредан.

Главни фокус примене ИТС-а у Шведској у безбедности саобраћаја су усмерени на пољу регулисања брзине кретања; смањења броја возача под дејством алкохола и возача са лошијим возачким карактеристикама и смањеном брзином реакције у случају потребе избегавања саобраћајне незгоде. У том смислу примена ИТС-а у Шведској је пре свега усмерена системе контроле и детекције саобраћајних прекршаја.

Други фокус примене ИТС-а у Шведској је подршка ефикаснијем путовању на посао (са посла) и подршци јавном превозу путника, али и возачима. Најважније мере представљају смањење времена путовања, смањење саобраћајних застоја и побољшање информисаности пре отпочињања путовања.

Значајна подршка ИТС-а у Шведској усмерена је и ка развоју ефикасне транспортне индустрије за дефинисање комерцијалне путне мреже, стварању предуслова за мултимодални транспорт и побољшање саобраћајне информисаности и то све пре отпочињања путовања.

Француска

Приликом дефинисања мера за повећање безбедности у саобраћају, уочена је потреба преласка са пасивне безбедносне културе на активну и колективну саобраћајно – безбедносну културу. Основни разлози таквог стања огледају се пре свега у чињеници да се на путевима Француске региструје много саобраћајних прекршаја, од којих већина може довести до веома озбиљних конфликтних ситуација, које на крају резултирају саобраћајним инцидентом. Решење је пронађено у ИТС за масовну примену уз помоћ аутоматизације. У развоју ИТС најбољи резултати су постигнути у примени аутоматских система за регистровање прекршаја. У Француској је у периоду од године од увођења аутоматских система за регистровање прекршаја постављено 870 фиксних и покретних камера и њихов број се још увек повећава. Провере и казне за све главне саобраћајне прекршаје су повећане и та процедура и принцип су и даље на снази.

Применом ИТС сервиса за аутоматско регистровање прекршаја према просеку из 2004. године, месечно се реализује приближно 150 хиљада казни. Основне предности овог система огледају се у: прецизној потврди прекршаја; смањењу времена између учињеног прекршаја и слања извештаја о казни; равноправном третману према свим учесницима у саобраћају и што је са безбедносног аспекта најважније, знатно смањеној брзини на свим путним правцима Француске.

Услуге ИТС који се примењују на државним путевима САД

До данас, најзначајни пројекат везан за архитектуру система спроведен је у САД, где је дефинисана национална архитектура система друмског саобраћаја у оквиру пројекта State of the Art. Овај систем прикупља и обрађује информације о саобраћају у реалном времену и користи их и за управљање путем саобраћајно контролних уређаја и за слање обавештења о стању инфраструктуре и других обавештења интересантних за путнике. Информације се очитавају са детектора (са инфраструктуре) који указују на ствари као што су присуство возила, брзину кретања и друге параметре који одређују ефикасност у одвијању саобраћаја. Прикупљање података у реалном времену и надзор су примарне карактеристике услуга које обезбеђује ова група. Тако се на време могу предузети корективне акције и обезбедни захтевана ефикасност употребе капацитета. Интеграција различитих подсистема такође је важна, јер омогућује повезивање различитих улазних података ради обезбеђења боље глобалне слике услова на мрежи. Иако постоје конвенционална средства за повезивање возача и контролног центра (саобраћајна сигнализација), све већи акценат се ставља на извештавање возача о условима да они буду предузети оне акције које сматрају најадекватнијим за ситуацију у којој се налазе. Корисничке услуге који спадају у ову групу су:

- Информисање возача – обезбеђује извештаје возачу и сигнализацију у возилу о возилу и безбедности.
- Навођење на правац – обезбеђује путницима једноставне инструкције о томе како да на најлакши начин стигну до својих дестинација.
- Служба путничког информисања – обезбеђује "пословни адресар" или “yellow pages” сервисних информација.
- Контрола саобраћаја – управља кретањем саобраћаја на улицама и аутопутевима, лукама, аеродромима и интермодалним капацитетима.
- Менаџмент инцидената – помаже јавним и приватним организацијама да брже идентификују инциденте и реагују како би се свео на минимум њихов утицај на саобраћај.

- Анализа издувних гасова и ублажавање – обезбеђује информације за контролу квалитета ваздуха и развој стратегија за побољшање квалитета ваздуха.
- Укрштање пута и железнице – помаже избегавање саобраћајних незгода на пружним прелазима.

Поред наведених примена ИТС-а у безбедности саобраћаја, значајан ниво развоја интелигентних транспортних система су достигнути у областима управљања возним парком, теретним транспортном, аутоматизацијом царинских процедура, система помоћи возачима, службама за ванредне догађаје и др.

Канада

Канадски транспортни систем представља један од најбољих примера употребе свих видова транспорта, а заснован је на партнерству свих субјеката и свих учесника у транспортном сектору. Оквир је усмерен на успостављање безбедног, ефикасног, доступног, интегрисаног и еколошки подобног канадског транспортног система.

Неки од првих ИТС развијени су у Канади, укључујући први светски компјутерски контролисан систем светлосних сигнала у Торонту. Током година, имплементиране су и пројектоване бројне друге ИТС апликације од стране разних организација из приватног или јавног сектора. Неке од најпознатијих су COMPASS, системи управљања саобраћајем на путевима резервисаним за моторна возила на путу 401; електронска наплата путарине за пут 407; напредни I-75/AVION систем за контролу безбедности моторних возила за пут 401 и NATAP (прототип аутоматизације северноамеричке трговине) пробни пројекти за аутоматизовано царињење на граници на мостовима Peace и Ambassador.

У току реализације свог ИТС плана, Канађани су дефинисали неколико кључних проблема на које интеграција ИТС мора имати утицај у позитивном смислу, и то:

- Застоји на коридорима у густо насељеним областима. Све већи застоји у градским подручјима дефинисани су као највећи проблем. Иако градски саобраћај спада у надлежност града и округа, све већи застоји у канадским градовима директно су утицали на перформансе националних и међународних саобраћајних мрежа. Јавила се потреба веће интеграције различитих облика градског и међуградског транспорта, а све државне институције и саобраћајни субјекти су сарађивали у интеграцији.
- Еколошки притисци, нарочито климатске промене. Око 26% емисије гаса са ефектом стаклене баште (GHG) у Канади приписује се транспорту, од чега је око 50% узроковано градским и међуградским транспортом. Поред тога, око 78% емисије у градском транспорту долази од путничког саобраћаја, а за остала 22% одговоран је промет робе кроз градска подручја. Процењено је да око 90% укупне емисије у међуградском саобраћају ствара коришћење аутомобила. Свака канадска стратегија за редукцију GHG емисије у транспортном сектору усмерена је на градски и међуградски путнички саобраћај.
- Очување и побољшање постојеће инфраструктуре ради прилагођавања све већем захтеву. Канада тренутно има скоро 18,5 милиона регистрованих возила и приближан број регистрованих возача на путевима. Актуелни трендови указују на то да ће саобраћај приватним возилима порасти између 50% и 100% током наредних двадесетпет година. Постојећа канадска мрежа није пројектована за такав пораст саобраћаја. Чак и када би могла да се изгради нова захтевана инфраструктура животна средина не би могла то да издржи.
- Осигурање безбедности канадског транспортног система. Транспорт Канада је посвећен циљу да канадски транспортни систем буде један од најбезбеднијих на свету. Иако су аутопутеви и возачи у надлежности провинција (округа), Транспорт Канада је одговорна за националну политику безбедности на путевима, федералне прописе за безбедност моторних возила, примену стандарда безбедности и применљива истраживања.

Примена ИТС у безбедности саобраћаја у Јапану

Релевантни закони у Јапану су веома строги. Због тога је стопа смртности у саобраћају знатно нижа у односу на многе европске земље и САД. Лична посвећеност и безбедност у комбинацији са ИТС имају велики утицај на дизајн и функционисање транспортних капацитета, као и на програме законске принуде везане за ограничење брзине.

У Јапану је направљен велики искорак у вези са интеграцијом инфраструктуре и возила. Велику примену у том смислу пронашли су ИТС за детекцију кретања пешака на пешачким прелазима, као и упозорења на близину зоне у којој се изводе радови, како би се возачи упозорили на околне ризике. С обзиром на сложеност и високу цену система за видео и радарску детекцију, овај приступ прикупљања података захтева мање ослањање на компоненте инфраструктуре када је реч о преносу информација према возилу. Представници јапанске аутоиндустрије претпостављају да се не могу ослонити на јавне агенције, када је реч о прикупљању, обради и прослеђивању информација.

У оквиру примене ИТС на реализују се следећи системи:

Системи за подршку возачима

Уз помоћ GPS система за навигацију у возилу (DSS), систем за подршку возачима организације за одржавање путева и полицијским возилима даје прилику да боље сагледају објекте испред себе, чиме се олакшава њихово функционисање на аутопуту. Овај систем преводи очитане поруке у слике које их описују.

Систем P-MAC

Овај систем намењен је унапређењу безбедности радника. У овом случају, знак са изменљивим садржајем је комбинован са радарском детекцијом долазећих возила, тако да омогућава пренос порука о одвијању саобраћаја у зони радова у реалном времену.

Мобилни радио-комуникациони LAN системи

Јапанска друштвена корпорација за аутопутеве је поставила мрежу мобилних објеката, намењену преносу информација у реалном времену, путем радио локалне мреже (LAN). Систем је у могућности да преноси широк спектар информација, укључујући и податке и слике.

Напредни системи за помоћ у току вожње

Напредни системи за помоћ у току вожње (AHS) пружају информације о карактеристикама аутопута (кривинама, нагибима), односно упозоравају на преперке које се налазе на путу. Напредно упозорење и информисање обезбеђује брзо реаговање возача и у неповољним условима.

Информациони и телекомуникациони системи у возилу

VICS представља систем који је у навигационим уређајима у возилу. У информације спадају елементи попут временских услова, стања на путу, помоћ при навигацији, услова саобраћаја и свих других информација које могу помоћи возачима у безбедном управљању возилом. Корисници плаћају једнократну надокнаду за коришћење и куповину навигационих уређаја, након чега им је коришћење VICS сервиса бесплатно.

Радарска контрола кретања (режим спорог праћења)

Систем радарске контроле кретања су демонстрирали у Тојоти, Нисану и Митсубишију. Након активирања, овај систем омогућава возачима да прилагоде удаљеност између свог и возила које се креће испред, чиме се формирају униформне информације о току саобраћаја и брзина аутоматски прилагођава брзини возила које се прати.

Технологија за визуелну помоћ

Технологија за визуелну помоћ омогућава возачима да “виде” објекте и карактеристике пута, што иначе не би било уочљиво услед мртвих углова или лоших услова видљивости. Камере постављене на стратешким локацијама на возилу омогућавају возачима да добију два директна видео снимка или унапређени приказ услова на путу и препрека.

Прилагођење брзине

Прилагођење брзине се разликује од радарске контроле кретања, по томе што омогућава додатну функцију кочења, ако возач не реагује и не смањи брзину пред препреком или заустављеним возилима испред себе. Пројектован тако да омогући смањење или елиминацију налетања, овај систем доводи до повећања безбедности возила и путника помоћу аутоматског кочења.

Информативни–управљачки центар за друмски саобраћај у Јапану

Радом Центра управља Министарство за земљиште, инфраструктуру и транспорт. Овај систем омогућава возачима широк спектар услуга, укључујући информисање о временским условима, условима на путу, закрчењима и ограничењима услед извођења радова. Заједно са осталим системима, Центар представља значајну модерну компоненту иницијативе Владе Јапана о примени ИТС. Систем између осталог обухвата и преко 1.500 такси возила, која се крећу регионом Нагоје и прикупљају информације, намењене Управљачком центру за информисање у друмском саобраћају, односно његовим активностима управљања саобраћајем. GPS технологије, заједно са добијеним подацима о брзини кретања, омогућавају стицање комплетнијег увида у функционисање елемената система.

Системи за подршку безбедној вожњи

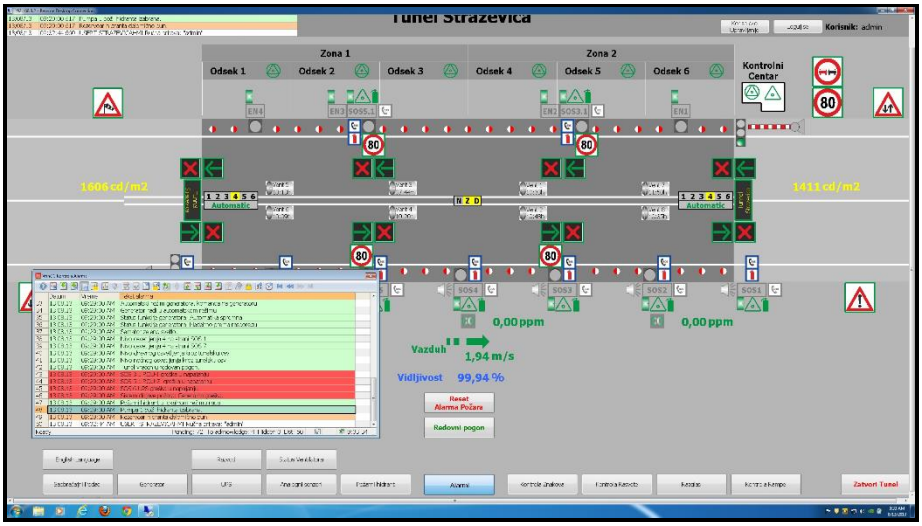
Функционисање ових система састоји се од скупа тестова фокусираних на пружање додатних информација возачима, са циљем унапређења, како њихове, тако и безбедности возила и пешака у окружењу. Систем подразумева често преношење информација о местима на којим су судари чести, како би се возачи упозорили на повећани ниво опрезности приликом приближавања тим локацијама. Такође, возачима се у реалном времену преносе и информације о застојима и присуству пешака на пешачким прелазима.

3. ИСКУСТВА ПРИМЕНЕ ИТС-а У СРБИЈИ

У претходних неколико година, ЈП „Путеви Србије“ иницирало је и реализовало низ пројеката који су за циљ имали унапређење нивоа безбедности саобраћаја, а такође се и у свакодневним активностима налазе елементи примене ИТС. У том смислу посебно се истичу системи:

- Аутоматизација наплате путарине обухвата пре свега тзв. електронски систем наплате путарине (ЕНП), користећи трећу генерацију технологије наплатних система (TAG).
- Аутоматски бројачи саобраћаја који мере тип возила и брзину кретања, а који су углавном технологије такве да се уграђују у коловоз (intrusive). Могућности примене овакве технологије је разноврсна: бројања саобраћаја, најаве догађаја, регистровање возила (ред испред семафора, гужве на путу...).
- Путни метеоролошки информациони систем (ПМИС) – пилот пројекат одржавања путева у Мачванском и Колубарском округу. Овај пројекат обухватао је реализацију пилот-пројекта за редовно и зимско одржавање путева од око 1.200 км. на територијама Мачванског и Колубарског округа у периоду од три године. Реализацијом пилот-пројекта у делу који се односи на зимско одржавање путева уведен је у примену Путни метеоролошки – информативни систем (ПМИС), који представља потпуно нов приступ овом проблему и на основу кога се праћењем временских појава на коловозу и у путном појасу могу предвидети промене у реалном времену и превентивно реаговати у циљу спречавања настанка клизавости на коловозу. То значи да његовим коришћењем обезбеђујемо могућност правовременог доношења адекватних одлука у циљу предузимања проактивних мера и поступака за ефикасно зимско одржавање. Увођењем ПМИС постигнуто је следеће: смањење трошкова зимског одржавања; повећање нивоа квалитета услуге за крајње кориснике путне мреже; повећање ефикасности зимског одржавања; повећање безбедности саобраћаја смањењем броја саобраћајних незгода током зимске сезоне; смањење загађивања животне средине рационалним коришћењем материјала за зимско одржавање (соли и абразива).
- Идентификација опасних места који је имао за циљ дефинисање методологије и стварање полазних база података на основу којих је могуће вршити анализе и идентификовати опасна места на државним путевима. Примењен метод истраживања је у сагласности са искуствима развијених методологија *(Risk Mapping, EuroRAP, Black Spot Management*) на управљању безбедношћу саобраћаја на путевима.
- Примена знакова са измењивим садржајем порука на аутопуту.

- У оквиру пројекта изградње тунела Стражевица на обилазници око Београда, ЈП "Путеви Србије" извршило је опремање тунела савременим управљачко информационим системима у саобраћају. Тунел је опремљен уређајима и системима за дојаву пожара, провале, видео надзор, интерфонску комуникацију и СОС телефоне, контролу ваздуха, детекцију саобраћаја, аудио озвучење, изменљиву саобраћајну сигнализацију (Слика 3). Сви инсталирани системи су интегрисани у софтверску управљачку јединицу (SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition) - одакле се врши праћење и контрола рада система, а могуће је и аутоматско управљање инцидентим ситуацијама по унапред дефинисаним сценаријима. Тунел Стражевица је повезан са оперативним центром "Петлово Брдо" и налази се у режиму пробног рада. У наредном периоду очекује се прелазак на редован режим рада, након добијања позитивног извештаја о спроведеним испитивањима. У режиму пробног рада, из центра „Петлово Брдо“, врши се праћење и контола инсталисаних система тунела "Стражевица". Поред тунела Стражевица, ЈП "Путеви Србије" реализовали су и пројекте опремања тунела "Липак" и "Железник", савременим системима за надзор и централно управљање тунелима, повезивањем истих са оперативним центром "Петлово Брдо", по први пут на путној мрежи Републике Србије из једног центра управља се већим бројем објеката опремљених ИТС системима. Такође, и други објекти (на Коридору 10 и тзв. Коридору 11) у којима су инсталирани управљачко информациони системи биће интегрисани у командно оперативни центар, одакле ће се вршити 24 часа непрекидно даљинско праћење и управљање. Послове надзора и централног управљања тунелима, као и послове мониторинга и управљања саобраћајем на делу мреже опремљене ИТС системима води Сектор за управљачко информационе системе у саобраћају – Јавног предузећа "Путеви Србије".



Slika 3. *Тунел Стражевица*
ЈП "Путеви Србије"

На Институту Саобраћајног факултета у Београду реализован је низ пројеката и истраживања у којима су елементи примене ИТС били значајно заступљени. У оквиру ових активности својим значајем су се издвојила два пројекта, и то *Пројекат оптимизације метода контроле поштовања светлосних сигнала на семафору, са посебним освртом на методе аутоматске контроле* и *Пројекат израде базе података о саобраћајним незгодама на подручју Београда.*

У оквиру развоја система и инфраструктуре информационих и телекомуникационих система МУП-а Републике Србије, обезбеђено је коришћење података и информација које помажу остваривању правог контакта са грађанима и осталим корисницима услуга Министарства у целини и то развојем и применом, адекватним одржавањем, спровођењем мера, обезбеђивањем и заштитом информационих технологија и система. У вези са претходно наведеним МУП Републике Србије је сходно унапређењу рада у оквиру својих система веза, увео *TETRA* стандард (Terrestriall Trunked Radio – Земаљски транкинг радио), подржан од стране савремених телекомуникационих уређаја, који у потпуности прате и подржавају овај интернационални телекомуникациони стандард. Тетра представља телекомуникациони стандард развијан од стране Европског института за стандарде у телекомуникацијама (ETSI). У оквиру МУП-а реализовани су пројекти електронске базе података о

возилима и електронске возачке дозволе, док је у сарадњи са Агенцијом за безбедност саобраћаја реализован систем дигиталних тахографа.

У Београду је реализован пројекат унапређења система паркирања. Централно подручје Београда је подељено у три зоне, а посебна новина је била могућност плаћања паркирања мобилним телефоном. Свакој зони је додељен број (9111, 9112, 9113), тако да је корисник слањем SMS поруке послао захтев за плаћање паркирања, који је повратном поруком могао бити потврђен или одбијен. Ниво услуге је на овај начин много унапређен, посебно имајући у виду да је корисник и пре истека плаћеног интервала паркирања, такође био обавештен о истеку паркирања, као и о евентуалним могућностима продужавања паркирања. Колико се корисницима "допао" овакав начин плаћања, показују недавно спроведена истраживања по којима је овакав начин плаћања заступљен између 60% и 70%. Примена ИТС-а је, у Београду, нашла значајно место и у развоју центра за управљање светлосним сигналима на ужој градској територији.

Поред наведених система значајно је истраћи и примену сателитског праћења возног парка у Србији. Више приватних лица је развило различите системе за праћење возног парка, међу којима је најзначајнији Certus Autotrack. Certus Autotrack је посебно погодан за компаније које желе да имају контролу над кретањем својих возила, а поред праћења возила у реалном времену и историје кретања, за овакве кориснике је нарочито значајна могућност дефинисања рута кретања и касније анализе да ли се возило стварно кретало задатом рутом.

4. ZAKLJUČAK

У Србији је потребно наставити систем имплементације и примене ИТС-а на државним путевима, са циљем унапређења безбедности саобраћаја. У том смислу, пре свега је неопходно интензивирати примену напредних система саобраћајних знакова, са измењивим садржајем. Посебан значајан део примене ИТС-а у Србији на државним путевима требало би буде успостављање система контроле и видео надзора државних путева. Такође, коришћење система за детекцију саобраћајних прекршаја на државним путевима значајно би допринело унапређењу безбедности саобраћаја.

Користећи искуства развијених земаља потребно је применити доказане системе којима се унапређује систем безбедности саобраћаја, и то пре свега: знакове са измењивим садржајем порука; знакове којима ће се возачима пренети информација о брзини кретања; аутоматску контролу поштовања брзине кретања возила на државним путевима; тренутне информације о стању и условима на путу које ће возачима бити пренете уз помоћ напредних система саобраћајних знакова; аутоматску контролу поштовања осталих саобраћајних прописа (кретање зауставном траком на аутопуту, контрола поштовања претицања и др.). Посебно значајан део примене ИТС уређаја на државним путевима у Србији могао би да буде систем управљања саобраћајем у зони радова, који ће на основу постојећих захтева за кретањем регулисати и усмеравати кретање саобраћајних токова. Имајући у виду широк опсег различитих утицаја на саобраћајну инфраструктуру у Србији, потребно је размотрити примену саобраћајних знакова којима би се дефинисала променљива ограничења брзине кретања. На тај начин могуће је управљати саобраћајним токовима у различитим временским условима, у различитим условима стања саобраћајног тока, као и дефинисати ограничење брзине кретања возила у посебним догађајима.

Literatura

(1) Andersson, G.; Larsson, J. 2005. *Automatic speed cameras in Sweden 2002-2003*, vti, linkoping.
(2) Bunch, J.; Burnier, C.; Greer, E.;, Hatcher, G.; Jacobi, A.; Kabir, F.; Lowrance, C.; Mercer, M.; Wochinger, K. 2011. Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, Deployment, and Lessons Learned Desk Reference: 2011 Update, U.S. Department of Transportation, (on-line) available at: www.its.dot.gov/index.htm (25.03.2014.).
(3) ETSC. 1999. *ITS and road safety*, Brusells.
(4) European Commission. 2003. *Intelligent transport systems,* Brussels.
(5) European Commission. 2003. *Saving 20 000 lives on our roads*, Brusells.
(6) ITS America. 1998. *National ITS program plan, intelligent transportation systems,* Japanese Ministry of Construction, ITS Handbook Japan, Tokyo, 1998.
(7) ITS France. 2005. *Propositions pour federer les strategies de deploiment des its en France.*
(8) ITS Society of America and US DOT. 2002. *National ITS program plan: a ten year vision*, Washington.

(9) ITS Strategy Committee. 2003. *ITS strategy for Japan,* Tokio.
(10) Институт саобраћајног факултета. 2006. У*прављање саобраћајем на путевима уз помоћ ИТС*, Београд.
(11) Ledoux, C.; Archer, J. 1999. *Assessing the safety impact of intelligent transport systems*, Center for Traffic Engineering and Traffic Simulation, Royal Institute of Technology, Stockholm – Sweden.
(12) Вујанић, М.; Липовац, К.; Антић, Б.; Хаџић, Д.; Николић, Н. 2008. Стратегија планирања, развоја и примене ИТС на путевима Републике Србије у функцији безбедности саобраћаја, Универзитет у Београду Саобраћајни факултет, Београд.

ANALIZA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U OKRUŽENJU ŠKOLE

TRAFFIC SAFETY ANALYSIS IN SCHOOL AREA

Milan Vujanić,[1] Duško Pešić[2]
[1] *Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, vujanic@mail.com*
[2] *Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, duskopesic@sf.bg.ac.rs*

Rezime: *Vodeći uzrok smrtnosti i povreda za decu školskog uzrasta su saobraćajne nezgode. Istraživanja saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece pešaka pokazuju da su deca pešaci najviše ugroženi u okruženju škole, odnosno u gravitacionom području škole koje predstavlja prostor na kome se deca kreću na putu od kuće do škole. Imajući to vidu, na teritoriji grada Novog Sada je sprovedeno makroistraživanje o bezbednosti dece, a deo istraživanja se odnosio na bezbednost dece u okruženju škola. Jedan od ciljeva istraživanja je bio da se ispitaju uticaji elementa puta na bezbednost dece u okruženju škole. U radu je predstavljen model analize bezbednosti saobraćaja u gravitacionom području škole, zasnovan na tri različite metode, kojim je moguće utvrditi mesta povećane ugroženosti dece. Prvi metod je statistički i služi za utvrđivanje objektivnog rizika na osnovu analize saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece, tj. lokacija na kojima se javlja nakupljanje nezgoda. Drugi metod je anketa kojom se utvrđuje subjektivni rizik na osnovu stavova učenika, roditelja i nastavnika o opasnim mestima u gravitacionom području škole. Moguće je da učesnici smatraju određenu lokaciju nebezbednom, iako ta lokacija, sa statističkog aspekta nije ugrožena, pa je potrebno lokaciju istražiti ostalim metodama. Treći metod je posmatranje i zasnovan je na obilasku gravitacionog područja škole, sa posebnim osvrtom na lokacije koje su izdvojene kroz analizu subjektivnog i objektivnog rizika. Izlazni rezultat istraživanja su problemi uočeni u okruženjima škola, kao i predlog mera za unapređenje bezbednosti dece u saobraćaju na lokacijama povećane ugroženosti.*

Ključne reči: *bezbednost saobraćaja, deca, okruženje škole, model analize bezbednosti dece*

Abstract: *Traffic accidents are leading cause of death and injuries regarding school-age children. Analysis of traffic accidents with child-age pedestrian participants show that child-age pedestrians are most endangered in locations near school, concerning school area, which stands for area that encompasses children routes from home to school. Having that in mind, macro research on children safety has been conducted at City of Novi Sad area, whereby segment of research was related to children traffic safety in school areas. One of research goals was inquiry of road elements influence on children traffic safety in school areas. In this paper, model of traffic safety analysis in school areas has been presented, which (model) is based on three different methods, that enable determination of increased endangerment of children. Frist method is statistical method and it is used for determination of objective risks, on the basis of analysis of traffic accidents with children participants, concerning locations with traffic accidents accumulation. Second method implies conducting interviews, so subjective risk about dangerous spots in school areas can be determined, on the basis of pupils, parents and teachers attitudes. It is possible that pupils consider specific location not to be safe, although that same location, based on traffic accidents staticstics, is not dangerous, so other methods need to be applied on that location for final conclusions. Third method is observation and it is based on school area go-by, with special emphasis on locations which were singled out through subjective and objective risk analysis. Research outcomes can be classified as identified problems in school areas, and proposed measures for improvement of children traffic safety on increased risk locations.*

Key words: *traffic safety, children, school area, traffic safety analysis model*

1. UVOD

Svake godine u svetu pogine preko 1,24 miliona ljudi u saobraćajnim nezgodama, dok između 20 i 50 miliona bude povređeno (WHO, 2013). Trećina smrtno nastradalih u saobraćajnim nezgodama su mlađi od 25 godina, a oko 90% su nastradali muškarci starosti između 18 i 24 godine. Oko 9.000 dece i mlađih od 19 godina godišnje pogine u Evropi, dok više od 350 hiljada zadobije teže i lakše povrede. Pored velikih ljudskih gubitaka Evropa trpi i ogromne materijalne gubitke. Materijalni troškovi koji su posledica saobraćajnih nezgoda u Evropskoj uniji čine oko 3% bruto nacionalnog dohotka (Đurić i Miladinov-Mikov, 2009).

Ranjivi učesnici u saobraćaju čine polovinu smrtno stradalih u saobraćajnim nezgodama širom sveta (WHO, 2009), a posebno su ugroženi jer su direktno izloženi povredama (nisu zaštićeni konstrukcijom vozila kao putnici). Pešaci su najosetljivija grupa u saobraćaju. Kada se pogledaju saobraćajne nezgode sa pešacima na svetskom nivou, preko 400.000 pešaka pogine svake godine, više od polovine u zemljama sa niskim prihodom (Naci et al., 2009). Saobraćajne nezgode su 2004. godine, kod dece od 5–14 godina, bile na drugom mestu vodećih uzročnika smrtnog stradanja stanovnika, a kod uzrasta od 15–19 godina, vodeći uzročnik smrtnog stradanja. Osetljiva kategorija učesnika u saobraćaju su deca školskog uzrasta. Statistički podaci ukazuju da poslednjih godina veliki broj dece strada u saobraćaju. U SAD (Sjedinjenim Američkim Državama) deca mlađa od 15 godina čine 21% populacije i čine 23% stradalih pešaka u saobraćajnim nezgodama. U Holandiji su najugroženiji pešaci stariji od 65 godina, a zatim pešaci mlađi od 14 година (Hummel, 1998).

[1] Autor zadužen za korespodenciju: duskopesic@sf.bg.ac.rs

Deca su različito ugrožena u saobraćaju u zavisnosti od zemlje u kojoj žive i u zavisnosti od godina starosti. Deca koja žive u nerazvijenim i srednje razvijenim zemljama imaju 60% veći rizik da smrtno stradaju od posledica saobraćajne nezgode u poređenju sa decom koja žive u razvijenim zemljama. Javni rizik dece (broj poginule dece na 100.000 stanovnika) na globalnom nivou je 10,7, pri čemu je u Jugoistočnoj Aziji 7,4, a u Afričkom regionu 19,9 (WHO, 2008). Sa druge strane kada se posmatraju godine starosti, uočava se da su deca do desete godine, najčešće u pratnji roditelja ili staratelja, dok nakon desete godine deca uglavnom samostalno učestvuju kao pešaci ili biciklisti, pa se kao posledica povećane mobilnosti i neiskustva vezanog za učestvovanje u saobraćaju, javlja značajno povećanje rizika kod ove kategorije učesnika.

Razumevanje ponašanja dece u saobraćaju je neophodan uslov za definisanje ključnih faktora nastanka opasnih situacija u kojima učestvuju deca. Ponašanje dece je vrlo često nepredvidivo i zavisi od raznih faktora. Greške koje prave deca u saobraćaju uslovljene su ograničenim sposobnostima primanja više informacija, nemogućnosti pravilne procene brzine i udaljenosti vozila, precenjivanjem svojih mogućnosti. Neretko je prisutno i međusobno dokazivanje i takmičenje između dece ko će brže pretrčati kolovoz ispred vozila i slično.

Deca često greše i u proceni vremena potrebnog za prelazak ulice, pri čemu na njihovo ponašanje utiče mnogo različitih faktora. Specifičnosti dece, uzrasta osnovne škole, kao što su fizičke karakteristike ("mala" visina i ''kratka'' dužina koraka) i nekontrolisana ponašanja, često dovode do stvaranja iznenadne i neočekivane pojave deteta na kolovozu, pa vozači nemaju mogućnost blagovremenog reagovanja i izbegavanja tako stvorene opasne situacije.

Deca u saobraćaju najčešće učestvuju kao ranjivi učesnici i izložena su "uticajima" ostalih učesnika saobraćaja, tako da bezbednost dece u velikoj meri zavisi od ostalih učesnika u saobraćaju. S obzirom na to u svetu su prisutna dva koncepta zaštite dece u saobraćaju i to koncept prilagođavanja saobraćajnog okruženja potrebama dece i koncept prilagođavanja deteta saobraćajnom okruženju. Oba koncepta imaju prednosti i nedostatke, a pre svega prilagođavanje samo okruženja detetu ima za posledicu da je dete nebezbedno čim izađe iz kontrolisanih uslova, a prilagođavanje samo deteta okruženju je ograničeno zbog specifičnosti (ograničenja) dece.

Iskustva razvijenih zemalja u primeni mera za zaštitu dece u saobraćaju pokazuju da glavni pravci delovanja treba da budu usmereni na: snižavanje dozvoljenog nivoa alkohola u krvi za vozače; zabranu konzumiranja alkohola kod "mladih" osoba; sprovođenje kampanja u bezbednosti saobraćaja; korišćenje sedišta za decu; korišćenje pojasa; korišćenje kaciga za motocikle; efikasniju obuku vozača početnika (*Tabela 1.*).

Tabela 1. Ključne strategije za sprečavanje povreda dece u saobraćaju (WHO, 2008.)

Strategija	Dokazan	Obećavajući	Dovoljno dokazan	Neefikasan	Štetan
Nula tolerancije alkohola	X				
Zakoni o minimalnom broju godina za ispijanje alkohola	X				
Smanjiti dozvoljenu koncentraciju alkohola u krvi	X				
Masovna medijska podrška	X				
Bezbedna sedišta za decu	X				
"Booster" sedišta za decu	X				
Korišćenje pojasa	X				
Korišćenje kacige za motocikle	X				
Korišćenje kacige za bicikle	X				
Sistem licenciranih predavača u školama	X				
Sedenje na zadnjem sedištu	X				
Edukacija za korišćenje sedišta za decu			X		
Određen program obuke za vozače			X		
Povećanje vidljivosti ranjivih učesnika			X		
Program školske obuke zasnovan na alkoholu i vožnji			X		
Škola za vozače				X	
Vazdušni jastuci i deca					X
Ranije dobijanje vozačke dozvole za vozače početnike					X

Za analizu i unapređenje saobraćajnog okruženja, poslednjih godina su razvijene posebne metode kojima se mogu otkloniti problemi bezbednosti saobraćaja i pre događanja saobraćajnih nezgoda. Najčešće se primenjuju: Revizija bezbednosti projekta puta (RSA – Road Safety Audit) i Provera bezbednosti postojećih puteva (RSI – Road Safety Inspection).

U dokumentu "Planiranje bezbednih puteva do škole", osnovne škole "Hancock" (Norristown, Pennsylvania), navodi se da se revizija bezbednosti saobraćaja sve više koristi od strane subjekata koji se bave unapređenjem bezbednosti saobraćaja u zoni škola. Dokument sadrži reviziju bezbednosti saobraćaja u zoni osnovne škole "Hancock", u Norristown-u (Mongomery okrug), u Pennsylvania-i. Revizija bezbednosti saobraćaja je uključivala tim eksperata iz oblasti bezbednosti saobraćaja, koji su pomoću "kontrolne liste", identifikovali i dokumentovali posmatrane saobraćajne uslove tokom pregleda oblasti za koju je vršena revizija. Tim je vršio reviziju, tako što je pešačio kroz ulice (u oba smera), koje su bile predmet revizije i snimao uslove koristeći pripremljenu "kontrolnu listu". Nakon revizije bezbednosti saobraćaja, tim je vršio istraživanje, posmatrajući ponašanje pešaka i vozača u oblasti istraživanja. Ponašanje pešaka i vozača je "snimljeno" u pripremljenoj listi "ponašanje pešaka i vozača". Nakon obilaska prostora istraživanja tim je kreirao tabelu sa svim zapažanjima. Istraživači su rešenja za uočene probleme ocenjivali ocenom od -2 do +2, u zavisnosti od "koristi" koju imaju za pešake, uticaja na ostale učesnike u saobraćaju i troškova intervencije. Na osnovu zbira ocena prema kriterijumima za rešenje, definisana su prioritetna rešenja. Predstavljena rešenja su podeljena u dve grupe, i to: aktivnosti za unapređenje bezbednosti dece u saobraćaju prema prioritetu i hitne intervencije koje je neophodno sprovesti, a koje ne zahtevaju velika materijalna sredstva.

Mnoga istraživanja bezbednosti dece u saobraćaju mogu doprineti utvrđivanju "dokazanih" mera kojima se može unaprediti bezbednost dece u saobraćaju. U istraživanju u Alberta-i (Kattan et al, 2007), vršeno je istraživanje poštovanja brzine kretanja u zoni škola i zoni igrališta, u kojima je brzina kretanja ograničena do 30 km/h. Cilj istraživanja je bio da se utvrdi poštovanje ograničenja brzine u zonama škola i zonama igrališta. Uzorak za ovo istraživanje je bio 11 zona škola i 16 zona igrališta slučajno izabranih u četiri kvarta grada Calgary-i, u oblasti Alberta-i (Canada). Istraživanje je pokazalo da je 85-ti percentil brzine kretanja vozila u zonama škola neznatno manji od 85-og percentila brzina vozila u zonama igrališta. Rezultati istraživanja su pokazali da je 85-ti percentil brzina vozila manji na putevima sa displejem, raskrsnicama regulisanim semaforima, zonama dužim od 200 m, na ulicama pored kojih postoji zaštitna ograda i u zonama u kojima su škole i igrališta bliže putevima (rastojanje do 50 m od puta). Autori su zaključili da je za poboljšanje bezbednosti dece, potrebno da table, koje označavaju zone škole ili zone igrališta, budu uočljivije i postavljene na mestu "stvarnog početka" zone.

Na osnovu analize predstavljenih istraživanja bezbednosti dece u saobraćaju i analize okruženja osnovnih škola u Novom Sadu, koja su realizovana za poterebe studije "Makroistraživanje bezbednosti dece u saobraćaju na području grada Novog Sada", u radu je razvijen i predstavljen model analize bezbednosti saobraćaja u okruženju škole.

2. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

U radu je predstavljen model istraživanja bezbednosti dece u saobraćaju u okruženju škole, koji je primenjen za istraživanje bezbednosti dece u saobraćaju u okruženju svih osnovnih škola u Novom Sadu. Predmet istraživanja je obuhvatio analizu zone škole i analizu lokacija povećane ugroženosti dece u gravitacionom području škole (okruženju škole). Pod gravitacionim područjem se podrazumeva prostor u okruženju škole iz kojeg deca pohađaju školu, a definisan je na osnovu anketnog istraživanja roditelja učenika škola. Naime, anketnim istraživanjem su određene lokacije stanovanja učenika (roditelja učenika) koje su korišćene za određivanje gravitacionog područja zone škole. Na Slici 1 je prikazano gravitaciono područje jedne osnovne škole.

Analiza bezbednosti saobraćaja u okruženju škola je obuhvatila tri istraživanja, pri čemu su zaključci dobijeni u jednom delu istraživanja korišćeni u ostalim delovima istraživanja. Za svaku školu su primenjene tri različite metode i to statistički metod, metod ankete i metod posmatranja, kojim su utvrđena mesta povećane ugroženosti dece u okruženju škole.

Prvi primenjeni metod je **statistički metod** i služi za utvrđivanje objektivnog rizika na osnovu analize saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece, tj. lokacija na kojima se javlja nakupljanje nezgoda. Zasnovan je na analizi saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovala deca do 14 godina starosti u Novom Sadu, u gravitacionom području škole, za period od 2003. do 2010. godine. Kriterijum za odabir objektivno opasnih lokacija u gravitacionom području škole je da su se dogodile najmanje dve saobraćajne nezgode sa učešćem dece ili lokacije na kojima su se dogodile saobraćajne nezgode sa teškim telesnim posledicama po dete ili lokacije na kojima je smrtno stradalo dete. Podaci o saobraćajnim nezgodama sa učešćem dece su prikupljeni na osnovu dnevnih izveštaja Ministarstva Unutrašnjih Poslova Republike Srbije, Policijske uprave Novi Sad. Posebna pažnja je posvećena prostornoj i vremenskoj distribuciji saobraćajnih nezgoda i tipičnim situacijama u kojima su deca najčešće učestvovala u saobraćajnim nezgodama.



Slika 1. Gravitaciono područje osnovne škole

Drugi metod je **metod ankete** kojim se utvrđuje subjektivni rizik na osnovu stavova učenika, roditelja i nastavnika o opasnim mestima u gravitacionom području škole. Moguće je da učesnici smatraju određenu lokaciju nebezbednom, iako ta lokacija, sa statističkog aspekta nije ugrožena, pa je potrebno lokaciju istražiti ostalim metodama. Kriterijum za selekciju i utvrđivanje subjektivno opasnih lokacija u gravitacionom području škole je bio da su tri ili više anketirana roditelja prepoznali mesto kao lokaciju povećanog rizika. Naime, kako se na osnovu izvršenih analiza stavova anketiranih roditelja pojavio veći broj subjektivno opasnih lokacija u gravitacionom području škole, to je bilo neophodno izvršiti selekciju subjektivno opasnih mesta. Analiza stavova učenika, roditelja učenika i nastavnika osnovne škole je pored podataka o subjektivno opasnim mestima u okruženju škole, dala informacije o saobraćajnom obrazovanju dece i merama potrebnim za unapređenje saobraćajnog obrazovanja dece. U okviru subjektivnih stavova, posebnu celinu su predstavljali stavovi uprave škole o opasnim lokacijama u okruženju škole.

Treći metod je **metod posmatranja** i zasnovan je na obilasku gravitacionog područja škole, sa posebnim osvrtom na lokacije koje su izdvojene kroz analizu subjektivnog i objektivnog rizika. Prvo je vršen obilazak zone škole i identifikovani su problemi u zoni škole, a zatim je vršen obilazak objektivno i subjektivno identifikovanih opasnih lokacija u gravitacionom području škole. Kao osnova za obilazak lokacija poslužili su zaključci vezani za analizu saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece i zaključci vezani za analizu stavova učenika, roditelja učenika i nastavnika. U zoni škole, kao i na subjektivno i objektivno opasnim lokacijama vršeno je posmatranje ponašanja pešaka i vozača sa ciljem da se utvrde problemi bezbednosti saobraća. Prilikom obilaska zone škole pažnja je posvećena i analizi problema koje je prepoznalo rukovodstvo škole. Lokacije koje se pojave kao subjektivno opasne ne znači i da su realno opasne. Naime, prilikom obilaska lokacije utvrđuju se eventualni nedostaci i opasnosti na navedenoj lokaciji. Prilikom obilaska zone škole i gravitacionog područja škole može se pojaviti opasna lokacija koja nije identifikovana, niti kao objektivno opasna, niti kao subjektivno opasna, odnosno lokacija koju istraživački tim identifikuje kao dodatno opasnu lokaciju. Takva lokacija se dodaje spisku lokacija koje su označene kao opasne. Obilaskom opasnih lokacija, moguće je da dođe do preklapanja lokacija, odnosno moguće je da se ista lokacija pojavi i kao subjektivno i kao objektivno opasna.

Na lokacijama povećanog objektivnog ili subjektivnog rizika vršeno je posmatranje ponašanja pešaka i vozača motornih vozila, pomoću pripremljene liste ponašanja pešaka i vozača.

Ograničenja koja su se pojavila za primenu modela analize bezbednosti saobraćaja u gravitacionom području osnovnih škola su bila vezana za uzorak i nepotpune podatke o saobraćajnim nezgodama koje su se dogodile u gravitacionom području zone škole, kao i za "mali" broj realizovanih anketa. Naime, kako su u istraživanju analizirane saobraćajne nezgode sa učešćem dece koje su se dogodile u gravitacionom području škole, to je broj saobraćajnih nezgoda najčešće ispod 30, pa nije pouzdano izvoditi zaključke o okolnostima saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece na tako malom uzorku. Sa druge strane na osnovu raspoloživih podataka u istraživanju nije bilo moguće izvršiti dubinske analize saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece, a i uzorak realizovane ankete je bio mali. Naime, ukupan broj anketiranih, prosečno je u školama iznosio oko 2% učenika (roditelja). Ukoliko bi u istraživanju učestvovao veći broj učenika, roditelja i nastavnika moguće je da bi se dobili i drugačiji rezultati stavova.

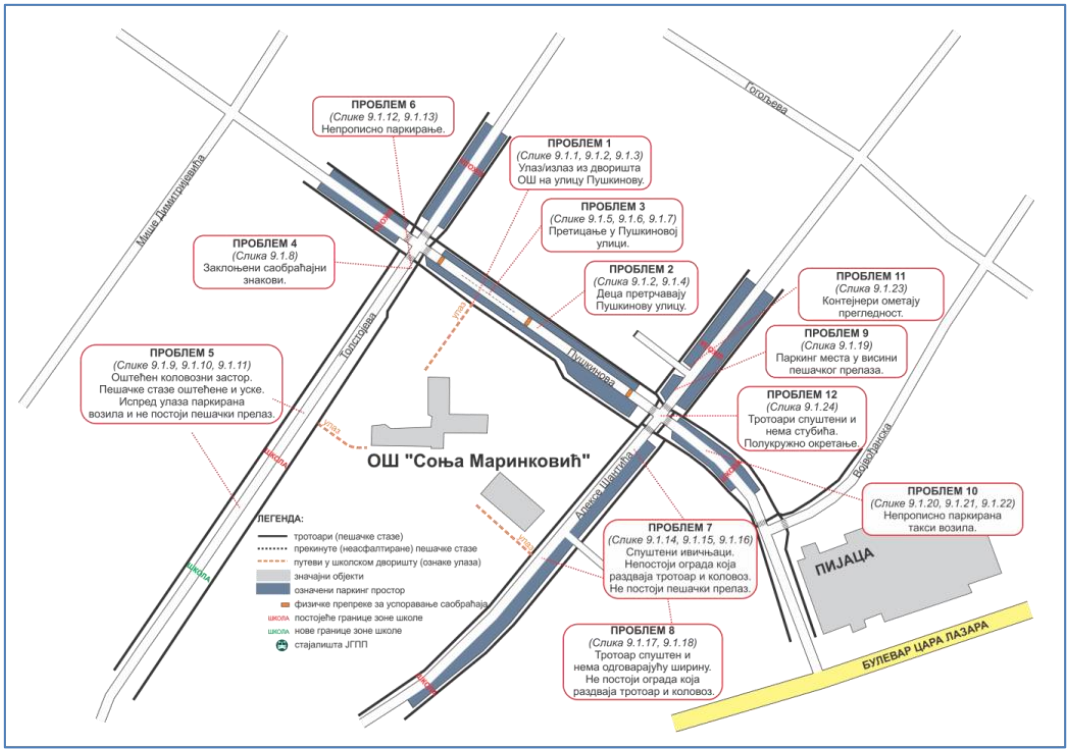
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Analizom saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece, uočeno je da su, u posmatranom području najugroženija deca starosti od 8 do 13 godina. U najvećem broju saobraćajnih nezgoda učestvovala su deca starosti 13, a zatim deca starosti 9 i 12 godina. Tipične situacije saobraćajnih nezgode (30% saobraćajnih nezgoda) u kojima učestvuje deca pešaci su: dete dolazi vozilu sa desne strane (26,3% saobraćajnih nezgoda sa pešacima) i dete prelazi pešački prelaza pri čemu dolazi vozilu sa desne strane (19,1% saobraćajnih nezgoda sa pešacima). Najveći broj saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece se događa u periodu od 18 do 19 časova, a najviše nezgoda sa decom pešacima se događa u periodu od 13 do 20 časova. Najnebezbedniji meseci su maj i jun, a najviše nezgoda se događa utorkom, do je petak najugroženiji dan za decu pešake.

Najviše anketiranih učenika, oko 35 %, je navelo da je samostalno počelo da dolazi i odlazi u školu u drugom razredu, 29% u prvom razredu, a 22% u trećem razredu, a što se poklapa i sa stavovima učitelja, jer najveći broj učitelja (35%) smatra da su deca sposobna za samostalno učešće u saobraćaju u drugom razredu, 34% smatra da su deca sposobna za samostalno učešće u prvom razredu, a 25% u trećem razredu. Prvi i drugi razred predstavljaju najvažniji period za saobraćajno obrazovanje dece, i tom uzrastu je "najpotrebnije" saobraćajno obrazovanje. U istraživanju stavova učenika, učenici su naveli da su najveći broj opasnih situacija u saobraćaju doživeli kao pešaci, dok je oko 9% učenika doživelo saobraćajnu nezgodu. Nezgode u kojima su anketirana deca učestvovala su za posledicu imale materijalnu štetu ili lake telesne povrede.

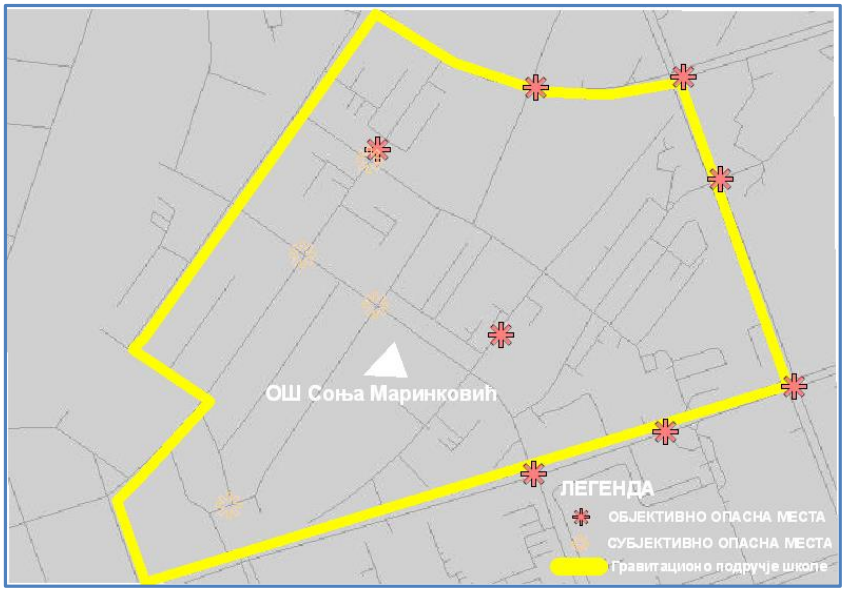
Istraživački tim je obišao 42 školska objekta. Sistematizovani su konkretni problemi u zoni svih objekata, koji su prikazani grafički i na fotografijama. Za svaku školu je dat prikaz koji sadrži:

- ortofotografiju na kojoj je prikazan položaj škole;
- skicu problema bezbednosti saobraćaja na kojoj su locirani i navedeni uočeni problemi, kao što je prikazano na primeru na Skici 1, a koja sadrži probleme vezane za uređenje ulaza/izlaza iz školskog dvorišta (škole), probleme vezane za kretanje pešaka na putu od kuće do škole, probleme vezane za način regulisanja raskrsnica u zoni škole, probleme vezane za vertikalnu i horizontalnu signalizaciju, probleme vezane za brzine vozila, nedostatak zaštitnih ograda, preglednost u raskrsnici u visini pešačkih prelaza i drugo;
- mape subjektivnog i objektivnog rizika u zoni škole, na kojima su locirana mesta povećanog rizika, mesta povećanog konflikta pešaka i vozila, mesta saobraćajnih nezgoda i nezgode u kojima su učestvovala deca i pešaci, kao što je prikazanao na Slici 2;
- predlog za definisanje granice zone škole, kao što je prikazano na primeru na Skici 1 ;



Skica 1. Prikaz problema bezbednosti saobraćaja u okruženju škole na primeru jedne škole

Primenom navedenih kriterijuma za odabir objektivno i subjektivno opasnih mesta u okruženju škola, identifikovane su objektivno i subjektivno opasne lokacije u okruženju škole. Primenom softverskog alata ArcGIS-a izvršeno je pozicioniranje lokacija za svaku školu, kao što je prikazano na Slici 2. Na identifikovanim lokacijama izvršeno je posmatranje ponašanja pešaka i vozača sa ciljem da se utvrde problemi bezbednosti saobraćaja.



Slika 2. Primer subjektivno i objektivno opasnih lokacija u gravitacionom području škole

Nakon izvršene analize saobraćajnog okruženja u zoni škola uočeni su problemi koji su prisutni u pojedinim školama, a vezani su za:

- ulazi/izlazi iz školskog dvorišta, najčešće nisu bezbedni (ne postoji zaštitna ograda, pa deca "direktno" stupaju na kolovoz, a posebno je opasno, ako je u pravcu izlaza iz škole obeležen pešački prelaz ili postoji "živa" ograda u visini ulaza/izlaza),
- parkirana vozila se nalaze u blizini pešačkih prelaza kao i duž kolovoza, kako na parking površinama, tako i na trotoaru, čime se smanjuje mogućnost blagovremenog uočavanja dece, ali se i stvara mogućnost da deca između parkiranih vozila stupe na kolovoz,
- zone škola - često nisu obeležene u skladu sa važećim Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji, ali i pojedine granice zona škola nisu odgovarajuće ili nisu označene,
- prodavnice, pekare i drugi objekti atrakcije su locirani na suprotnoj strani kolovoza u odnosu na školu,
- trotoari često nisu izgrađeni, nedovoljne su širine ili su zauzeti parkiranim vozilima, oštećeni su, nemaju odgovarajuću širinu za mimoilaženje i kretanje dece, "prekinuti" su kolskim ulazima na kojima su parkirana vozila, nemaju kontinuitet pružanja, a sreću se i upušteni i niski trotoari,
- "divlji" ulazi/izlazi iz školskog dvorišta u vidu oštećenja na ogradi, i "divlje staze", na površinama blizu ulaza/izlaza i razdelnim ostrvima van pešačkih prelaza,
- staze - na putu od kuće do škole su isprekidane, tako da nema obeleženog pešačkog prelaza na širokim i brzim saobraćajnicama,
- kretanje dece kolovozom i prelazak kolovoza van pešačkih prelaza su česte situacije, a to je veoma opasno na širokim saobraćajnicama i ulicama sa većim brojem saobraćajnih traka,
- preticanje i zaustavljanje vozila nije zabranjeno na nekim saobraćajnicama u zoni škole, a brzine vozila u zoni škole su značajno veće od ograničenja brzine koje važi u zoni škole,
- u visini nekih pešačkih prelaza nalaze se obeležena parking mesta na kojima su parkirana vozila, kao i kontejneri, tako da vozači zbog parkiranih vozila nemaju mogućnost uočavanja dece pre nego što ona stupe na kolovoz,
- pešački prelazi na saobraćajnicama sa više od četiri saobraćajne trake, nisu regulisani semaforima ili su bez razdelnog ostrva, a određeni broj pešačkih prelaza je u visini objekata koji smanjuju preglednost (trafostanica, stubovi električne energije, prodavnice),
- fizičke prepreke za usporavanje saobraćaja ne postoje na mestima gde se vozila kreću "velikim" brzinama, a česte su i situacije da prepreke nisu obeležene na odgovarajući način, pa su slabo uočljive,
- preglednost raskrsnice je smanjena zbog objekata u raskrsnicama (kamene ograde, kiosci, trafostanice, stubovi električne rasvete, reklamni panoi i sl.), kao i zbog niskog rastinja, drveća i žive ograde,

- raskrsnice u zoni nekih škola, nisu jednoznačno uređene po pitanju prvenstva prolaza, a pojavljuju se sledeći slučajevi:
  a. nedostaje saobraćajni znak (ukrštanje dva asfaltna puta, tako da se jedan učesnik nalazi na putu sa prvenstvom prolaza, jer mu prvenstvo u prolazu koje je ranije dobio nije ukinuto, a drugi učesnik je "desni", pa ima prvenstvo prolaza u raskrsnici, jer važi pravilo desne strane),
  b. na jednom prilazu glavnom putu je postavljen saobraćajni znak II-1, a na drugom II-2 tako da se učesnicima saopštavaju različite informacije o putu na koji nailaze,
  c. neusaglašenost - vozač koji se kretao putem sa prvenstvom prolaza, na raskrsnici ne dobija informaciju da nailazi na put sa prvenstvom prolaza,
- vertikalna saobraćajna signalizacija u okruženju škole nedostaje (nedostaje saobraćajni znak "ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza" (II-1)), zaklonjena je krošnjama drveća, oštećena je, nema odgovarajuću retrorefleksiju, odnosno nije u skladu sa Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji,
- horizontalna signalizacija je u pojedinim zonama škola slabo uočljiva, a horizontalna i vertikalna saobraćajna signalizacija nisu usaglašene (često se postavlja saobraćajni znak II-1 "ukrštanje sa putem sa prvenstvom prolaza'', a na kolovozu obeležava zaustavna linija),
- svetlosni signali na semaforima na pojedinim raskrsnicama su slabo uočljivi pri dnevnoj svetlosti, a uočeno je i da nedostaju semafori za pešake sa najavom ili su kratki intervali zelenog svetla za pešake,
- biciklističke staze su, na pojedinim mestima, prekinute (u blizini pruge, u blizini velikih raskrsnica i sl.), pa se biciklisti kreću kolovozom na mestima koja su nebezbedna, dok u pojedinim školama ne postoje biciklističke staze, pa su deca prinuđena da na putu od kuće do škole voze bicikl kolovozom. Takođe, na mestima gde postoje izgrađene biciklističke staze, biciklisti voze bicikl na prelazu biciklističke staze preko kolovoza, za vreme uključenog zelenog svetla za pešake, iako na semaforu nema svetlosnog signala za bicikliste,
- kretanje većeg broja teretnih vozila ulicama koje se nalaze u blizini škole, postojanje pruge u određenim zonama škole, igranje dece na površinama koje nisu namenjene za igru, oboreni ili odsečeni "stubići" koji su služili kao prepreka parkiranju vozila na trotoarima, uklonjeni ili oboreni saobraćajni znakovi, parkiranje vozila u školskim dvorištima, iako je saobraćajnom signalizacijom zabranjen ulazak, ulično osvetljenje u zonama nekih škola nije odgovarajuće, stajališta gradskog prevoza u određenim zonama škole nisu uređena, "zaštitne" ograde u nekim školama ne postoje, na mestima koja su nebezbedna i gde se može očekivati, nebezbedan prelazak kolovoza od strane dece,
- vozači ne poštuju saobraćajne propise u zoni škole, a što podrazumeva vožnju brzinom koja je veća od ograničenja brzine u zoni škole, parkiranje i zaustavljanje na trotoarima, kolovozu i drugim površinama na kojima je zabranjeno parkiranje i zaustavljanje, preticanje vozila u zoni škole, ne poštovanje horizontalne i vertikalne signalizacije itd,
- roditelji (pratioci) se ponašaju nebezbedno, tako što zajedno sa decom prelaze kolovoz van pešačkog prelaza, zaustavljaju i parkiraju vozila na ulazu/izlazu iz školskog dvorišta, na pešačkim prelazima, kolskim prilazima, ne koriste sigurnosni pojas i drugo.

4. DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati analize lokacija povećanog subjektivnog i objektivnog rizika pokazuju da uglavnom nema "preklapanja" lokacija povećanog subjektivnog i objektivnog rizika. Naime, roditelji su kao subjektivno opasne lokacije označili lokacije koje ne predstavljaju lokacije povećanog objektivnog rizika, odnosno roditelji su prepoznali neke druge lokacije, a nisu kao opasne prepoznali lokacije na kojima se javlja nakupljanje saobraćajnih nezgoda. Rezultati istraživanja se mogu tumačiti time da su roditelji prepoznali opasne lokacije na putanjama kretanja dece do škole, ali da su se nezgode međutim događale na "nekim drugim'' lokacijama.

Istraživački tim je u okruženju većine škola uočio dodatne opasne lokacije, a koje nisu prepoznate ni kao subjektivno opasne ni kao objektivno opasne lokacije. Dodatne opasne lokacije se nalaze na putu kretanja dece od kuće do škole i značajno ih je eliminisati, kako bi se sprečile saobraćajne nezgode. Takođe, pojedine lokacije koje su prepoznate kao subjektivno i objektivno opasne, istraživački tim na osnovu sprovedene analize nije identifikovao kao opasne.

Analiza saobraćajnih nezgoda pokazuje da deca naviše stradaju kao putnici u vozilu, a zatim kao pešaci i najmanje kao biciklisti. Posmatrano po polu, posebno su ugroženi dečaci uzrasta od 8 do 13 godina. Najveći broj saobraćajnih nezgoda sa decom pešacima dogodio se van obeleženog pešačkog prelaza pri čemu je dete dolazilo sa desne strane, a zatim na obeleženom pešačkom prelazu, pri čemu je dete, takođe dolazilo vozilu sa desne strane. Ovakvi rezultati istraživanja govore da kod dece postoji nizak nivo saobraćajnog obrazovanja i da pripremljenost dece za bezbedno učestvovanje u saobraćaju nije odgovarajuća, a na šta bi trebalo ukazati kako roditeljima, tako i učiteljima.

Najveći broj saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece se dogodio u periodu završetka nastave u školi, odnosno u poslepodnevnom periodu dana u periodu oko 19 časova, zatim u peridu oko 12 časova, pa u periodu oko 17 časova. Najveći broj saobraćajnih nezgoda sa učešćem dece pešaka se dogodio u posle podnevnim satima u 19 časova, pa u 14 časova, što se može tumačiti time da nakon završetka nastave u školi postoji povećana mobilnost dece, a zbog toga i veća izloženost dece riziku. Takva informacija za roditelje ima veliki značaj u cilju kontrolisanja ponašanja i putanje kretanja deteta. Rezultati analize saobraćajnih nezgoda vezani za vreme događanja saobraćajnih nezgoda su različiti od stava roditelja kada su deca najugroženija u saobraćaju. Naime, roditelji su u anketnom istraživanju naveli da su njihova deca najugroženija prilikom odlaska u školu, a zatim nakon povratka iz škole.

Uporedna analiza podataka o saobraćajnim nezgodama i anketnog istraživanja ukazuje na to da su deca u saobraćaju najugroženija u periodu kada "počinju" samostalno da dolaze i odlaze iz škole. Analiza saobraćajnih nezgoda pokazuje da je najviše dece učesnika u saobraćajnim nezgodama uzrasta 13 godina, a zatim uzrasta 9, 5 12 i 8 godina, dok su deca pešaci u saobraćajnim nezgodama najviše zastupljeni sa 10 godina, a zatim sa 12, 13, 9 i 11 godina. Dobijeni rezultati analize saobraćajnih nezgoda i anketnog istraživanja ukazuju na značaj saobraćajnog obrazovanja dece. Naime, deci je "najpotrebnije" saobraćajno obrazovanje u periodu do devete godine života, odnosno u periodu do početka samostalnog učešća u saobraćaju. Međutim, deca su kao pešaci posebno ugrožena u periodu posle devete godine, što može da govori o propustima u obrazovanju dece, jer su deca tog uzrasta psihofizički dovoljno zrela, sposobna da procene situaciju, svesna opasnosti, imaju iskustva i poznaju određena pravila, za bezbedno učestvovanje u saobraćaju.

Stavovi najvećeg broja anketiranih učitelja i dece da deca mogu samostalno da učestvuju u saobraćaju u drugom i prvom razredu ukazuju na pogrešno i opasno uverenje učitelja i na precenjene sposobnosti dece za bezbedno učestvovanje u saobraćaju. Naime, učitelji i roditelji su osobe koje treba deci da ukažu na opasnosti u saobraćaju i da ih "osposobe" za bezbedno učešće u saobraćaju.

Uporednom analizom učenika koji su imali opasnu situaciju u saobraćaju i učenika koji su imali nezgodu u saobraćaju može se zaključiti da postoji značajna povezanost između učenika koji su učestvovali u opasnim situacijama i učenika koji su doživeli saobraćajnu nezgodu. To je i pokazao Pearson’s koeficijent koji iznosi 0.98 sa verovatnoćom pouzdanosti 0.01 ($r=0.98$, $p=0.01$). Rezultat se može tumačiti da postoji jaka pozitivna veza između učenika pešaka koji su doživeli opasnu situaciju u saobraćaju i učenika pešaka koji su doživeli saobraćajnu nezgodu. Takvi rezultati se mogu eventualno tumačiti da deca koja su sklona "rizičnom ponašanju" imaju značajno veću "šansu" da učestvuju u saobraćajnoj nezgodi.

5. ZAKLJUČAK

Rezultat predstavljenog modela istraživanja jeste identifikovanje problema bezbednosti saobraćaja u zoni škole, identifikovanje lokacija povećanog rizika kao i problema koji postoje na tim lokacijama u gravitacionom području škole. Na osnovu identifikovanih problema mogu se dati "smernice" kako treba rešavati problem. Nakon identifikacije lokacija i usmeravanja ka rešavanju problema, potrebno je sačiniti projekte za svaku lokaciju prema predstavljenim merama. Određene lokacije je potrebno posmatrati u dužem vremenskom periodu i prikupiti dodatne informacije o navedenoj lokaciji (protok vozila, pešaka, plan rada semafora i dr.), kako bi se definisale mere unapređenja bezbednosti dece u saobraćaju.

Osnovni ciljevi predstavljenog modela istraživanja bi bili:

- Smanjenje broja saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuju deca,
- Definisanje modela analize bezbednosti saobraćaja u okruženju škola, koji će dati doprinos unapređenju bezbednosti saobraćaja u okruženju škole,
- Podizanje nivoa saobraćajno-bezbednosne kulture i informisanosti dece, roditelja, nastavnika što u krajnjoj meri daje dugotrajne i pozitivne efekte,
- Isticanje značaja problema bezbednosti dece i angažovanje mnogih segmenata društva na njenom povećanju

Roditelji prilikom edukacije dece moraju imati u vidu navedene opasne lokacije na putu do škole i usmeriti decu odgovarajućom putanjom do škole. Konkretnim obilaskom opasne lokacije sa detetom roditelji mogu praktično pokazati način kretanja dece na takvim lokacijama. Uprava škole mora uložiti napor da se problemi bezbednosti dece u saobraćaju oko školskog dvorišta reše i deci omogući siguran i prijatan boravak u školi.

Za nastavak razvoja modela analize bezbednosti saobraćaja u gravitacionom području škole potrebno je primeniti predstavljeni model na većem broju škola. Za druge zone škola potrebno je razmotriti mogućnost definisanja drugačijeg kriterijuma za utvrđivanja lokacija povećanog rizika dece u saobraćaju. Naime, za svaki prostor istraživanja potrebno je odrediti prosečan broj saobraćajnih nezgoda u određenom periodu, a lokacije na kojima se događa veći broj nezgoda potrebno je analizirati i predstaviti mere unapređenja. Unapređenje modela, a samim tim i kvalitetniji rezultati se mogu postići snimanjem i analiziranjem ponašanja dece u vreme kada se kreću na putu od kuće do škole, kao i u različitim vremenskim uslovima (dnevni i noćni uslovi).

Model istraživanja se može primeniti i na način da se analiziraju samo indirektni pokazatelji bezbednosti dece u saobraćaju u zoni škole, a što podrazumeva obilazak zone škole i posmatranja ponašanja pešaka i vozača u zoni škole. Savremeni koncept zaštite dece u saobraćaju se zasniva na prilagođavanju saobraćajnog okruženja deci. Na takav način se mora i pristupiti analizi zone škole i gravitacionog područja škole.

Literatura

[1] Abdel-Aty, M., Chundi, S.S., Lee, C. (2007). Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. Journal of Safety Research 38, pp.571-579.
[2] Carola, A. B., and Marcela, S. C. (2012). A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Accident Analysis and Prevention, article in press, http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.001.
[3] Đurić P., Miladinov – Mirkov M., Epidemiološke karakteristike saobraćajnog traumatizma u AP Vojvodini, naučni rad, Novi Sad, 2009
[4] Hummel, T., 1998. Dutch Pedestrian Research Review: A Review of the Main Traffic Safety Research on Pedestrians in The Netherlands, 1984–1997. SWOV, Leidschendam.
[5] Kattan, L., Tay, R., Acharjee, S. (2011). Managing speed at school and playground zones, Accident Analysis and Prevention 43, pp.1887–1891.
[6] Lipovac, K., i saradnici. (2004). Elaborat bezbednosti saobraćaja "Osnovna škola Užička Republika", Saobraćajni fakultet, Beograd.
[7] Jovanović, D., i saradnici. (2011). Studija "Upravljanje brzinama na teritoriji grada Novog Sada u funkciji bezbednosti saobraćaja", Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad
[8] Naci, H., Chisholm, D., Baker, T.D., 2009. Distribution of road traffic deaths by road user group: a global comparison. Injury Prevention 15, 55–59, doi:10.1136/ip.2008.018721
[9] Vujanić, M., i saradnici. (2012). Studija "Makroistraživanje bezbednosti dece u saobraćaju na području grada Novog Sada", Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd.
[10] WHO, UNICEF. (2008). World report on child injury prevention, Geneva
[11] WHO, UNICEF. (2005). Child and adolescent injury prevention: a global call to action, Geneva
[12] WHO, EUROPE. (2008). European report on child injury prevention, Copenhagen
[13] WHO (2009a). Global status report on road safety: time for action, Geneva.
[14] WHO (2013). Global status report on road safety: supporting a decade of action, Geneva.

УПРАВЉАЊЕ ПУТЕВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ СА АСПЕКТА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА

др Демир Хаџић, дипл.инж., помоћник министра, Министарство саобраћаја
Јасмина Јовановић
Оливера Стевић Леденчан
Петар Красић

Абстракт

Безбедност, односно безбедност у саобраћају, представља једно од основних начела које једно друштво треба да омогући својим грађанима.

Људске навике се тешко мењају и потребан је велики временски период (десет, двадесет па и више година) да би се направила генерацијска разлика у захтевима за безбедним саобраћајем. Примера ради, сигурносни појас у аутомобилу. Појас је за једну генерацију први пут виђен у неким зрелим годинама, следеће генерација га користи из страха од полицијске казне, док генерација после има прилику да разуме и сврху сигурносног појаса, а не само страх од полицијске казне. Дакле, сам процес учења и разумевања је веома дуг јер поред саме едукације потребно је и васпитање, односно да то радите из убеђења, а не из страха или зато што то сви раде.

Са друге стране прилагођавање инфраструктуре – путева, много је бржи и лакши процес. Наиме, увођењем одређених стандарда у планирању, пројектовању и изградњи, односно одржавању путева може се постићи да пут буде безбедан. Наравно, треба бити и реалан јер све ово представља процес, стога се опет враћамо на део навика, у овом случају инжењерских навика које се уз добро испланиране мере (стратегију) могу мењати.

Кључне речи: пут, безбедност саобраћаја, управљање

1. БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

У Републици Србији од 11. децембра 2009. године у примени је Закон о безбедности саобраћаја на путевима. Активности Министарства биле су фокусиране на јачање институционалних капацитета, односно за стварање добре основе за управљање безбедношћу саобраћаја на путевима. Имајући то у виду формирана је Агенција за безбедност саобраћаја, која је почела са радом (постала опеартивна) 1. септембра 2010. године. Агенција за безбедност саобраћаја, данас има 49 запослених и врши регулаторну, развојну и стручну функцију. Са друге стране дат је нагласак на развој активности и свести код управљача државних путева (Јавно предузеће „Путеви Србије“), а трансформисано је и предузеће „Коридори Србије“ задужено за изградњу аутопутева у Републици Србији. Одлуком Владе Републике Србије 16. септембра 2011. године формирано је Тело за координацију безбедности саобраћаја на путевима које има улогу, у складу са Законом о безбедности саобраћаја на путевима, да координира рад свих субјеката у безбедности саобраћаја на путевима. Тело за координацију припремљено је у складу са препорукама Светске банке, односно УН резолуције о безбедности саобраћаја. Тело за координацију чине министри надлежни за саобраћај, унутрашње

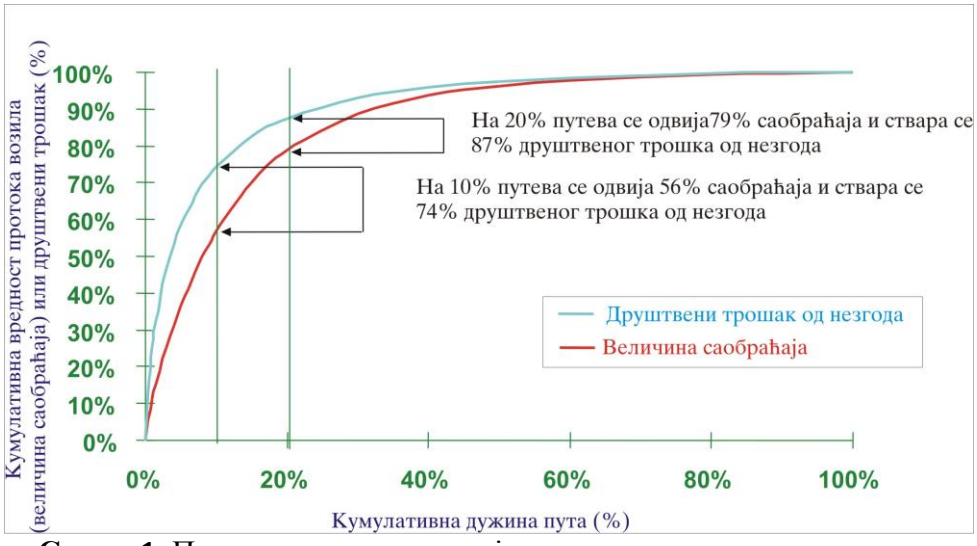
послове, правду, просвету, здравље, рад и социјалну политику и трговину. Наравно, то је политичка подршка али Тело за координацију чини и стручни део који фактички ради и припрема активности на нивоу државе.

У 2013. години у Србији погинуло је 650 лица, што представља 87 лица на 1 милион становника али изнад просека земаља ЕУ. Република Србија налази се данас у процесу транзиције и придруживања ЕУ. Када је у питању унапређење безбедности саобраћаја, Министарство саобраћаја сарађује са земљама из региона кроз SEETO (South-East European Transport Observatory), такође у директним разговорима и преговорима са Европском комисијом, Светском банком, UNDP, UNECE, Светском здравственом организацијом и другим глобалним и регионалним телима. Прилагођавање прописа и стандарда је једно од важних предуслова за управљање и унапређење безбедности саобраћаја. Међу важним прописима је и имплементација ЕУ директиве за безбедност путне инфраструктуре - 2008/96/ЕК.

2. ОДРЕЂИВАЊЕ ЦИЉА НА МРЕЖИ ПУТЕВА

Истраживања која су рађена приликом израде Стратегије безбедности саобраћаја до 2010. године на Новим Зеланду показала су да се на око 20% путне мреже одвија 79% саобраћаја, а да се на тих 20% догоди 87% друштвеног трошка од последица саобраћајних незгода. На 10% путне мреже одвија се 56% саобраћаја, а око 74% друштвеног трошка од последица саобраћајних незгода.

Ако би се узели у обзир ти резултати, јасно би било да се приликом управљања путном мрежом треба концентрисати на сређивање баш тих најризичнијих 10–20% путне мреже. Дакле, са смањењем ризика од настанка саобраћајних незгода и ублажавањем последица, јасно је да би биле постигнуте велике уштеде у буџету државе.



Слика 1. Примена мера на путној мрежи у односу на места где се догађају незгоде

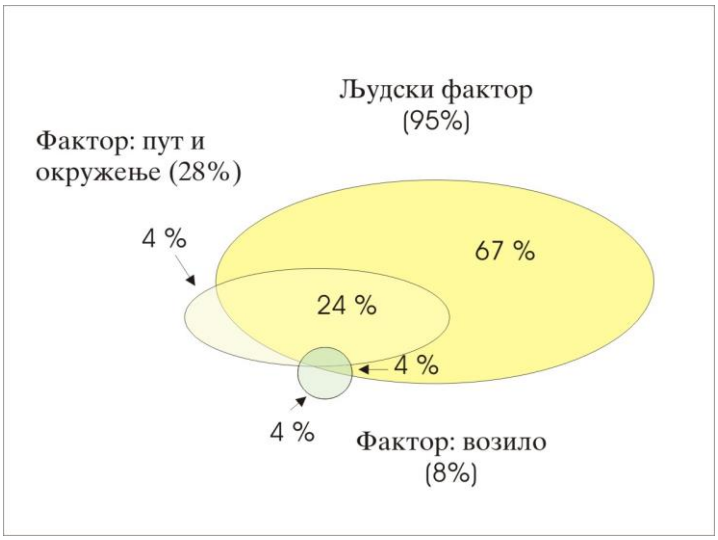
3. БЕЗБЕДНОСТ ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Пут представља један од чинилаца који утичу на активну и пасивну безбедност саобраћаја.

Када се говори о путу, нарочито се мисли на коловоз, бициклистичке стазе, тротоар, пешачке стазе, мостове, вијадукте и друге објекте пута, организацију и контролу саобраћаја и друге путне елементе.

Околина је, такође, један од чинилаца који утичу на безбедност саобраћаја, и када се говори о околини нарочито се мисли на временске услове, годишње доба, доба дана, урбанизованост подручја и рељеф.

На слици 2, приказано је искуство Сингапура, које показује да је утицај фактора пута и окружења на саобраћајну незгоду био и до 28%, утицај фактора возила на саобраћајну незгоду био и до 8%, док је фактор човек у саобраћајној незгоди био до 95%. Истраживања која су рађена у другим земљама показују да фактор пут и окружење може утицати на настанак саобраћајне незгоде и више од 30%.

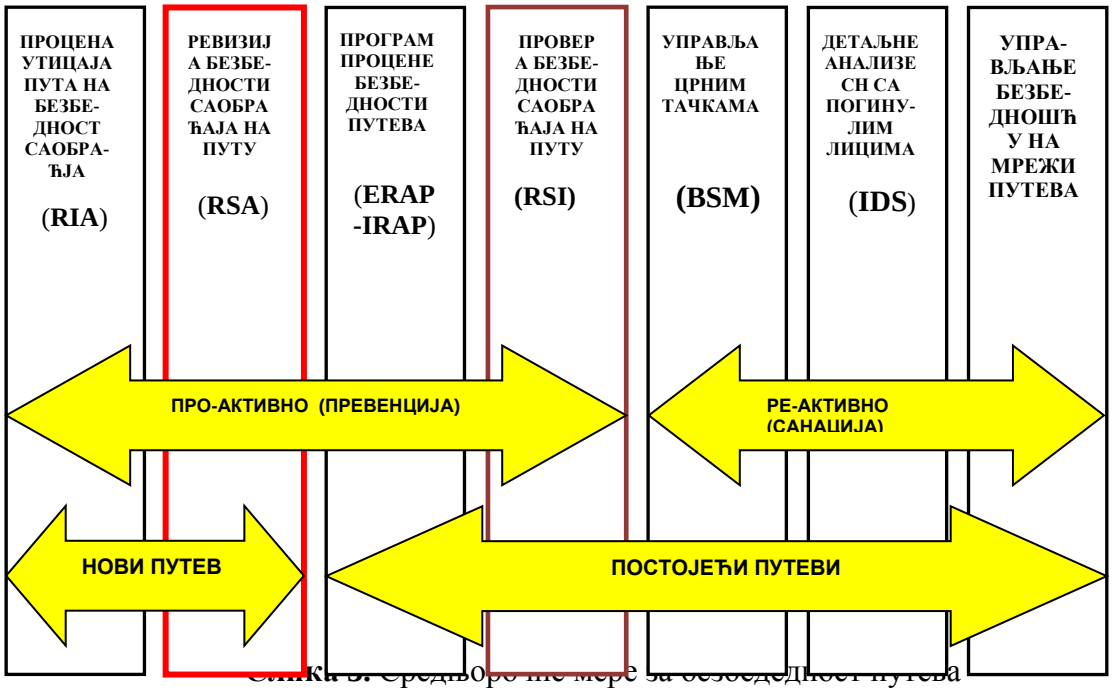


Слика 2. Шематски приказ процентуалног учешћа фактора који узрокују саобраћајну незгоду

Пројектовање и управљање путном мрежом

Потребно је посматрати и пут и окружење. Проблем у безбедности друмског саобраћаја настаје још у фази планирања простора. С нарочитом пажњом треба планирати садржај и објекте атракције на неком простору. У односу на постојеће садржаје, пројектовање и управљање треба посматрати у функцији растерећења одређених путних праваца, да би се спречили застоји, гужве, продужење времена путовања, и сл. Неки од најчешћих примера погрешног планирања јесу изградња школе на супротној страни коловоза у односу на насеље одакле деца долазе у школу, или постављање објеката атракције за децу са супротне стране пута, и слично.

Следећи корак је у фази пројектовања – дефинисање приоритета и расподела саобраћајних површина. Након пројектовања, долазе фазе извођења и експлоатације пута или путне мреже.



Слика 3. Средњорочне мере за безбедност путева

На слици 3. приказане су средњорочне мере за безбедност путева, односно саобраћаја на путевима.

Земље које управљају системом безбедности саобраћаја, поред редовних активности, предвиделе су планирање, пројектовање, изградњу, експлоатацију и одржавање, тзв. ревизија безбедности саобраћаја на путу (Road Safety Audit) и провера безбедности саобраћаја на путу (Road Safety Inspection). Ревизија безбедности саобраћаја на путу спроводи се у фазама планирања и свим фазама пројектовања као и у фази градње. Кад се пут заврши и пусти у експлоатацију ради се провера безбедности пута.

Ревизија безбедности саобраћаја на путу представља тзв. проактивно деловање, односно превентивно деловање на настанак саобраћајних незгода.

Управљање *црним тачкама* представља реактивно деловање, односно деловање за санацију последица.

Ревизија безбедности саобраћаја на путу (Road Safety Audit)

Ревизија безбедности саобраћаја на путу представља: одређен и независан процес; рад мешовитих тимова (различитих стручњака) са одговарајућим искуством и одговарајућом обуком; „преглед са аспекта корисника пута“ – симулира се поглед на пут (доживљај) различитих корисника (возача, бициклиста, мотоциклиста, пешака, итд.); предвиђање опасне ситуације у односу на факторе саобраћаја, пута и окружења пута, и извештај који садржи детаљан преглед безбедносних одлика, недостатака и препорука.

Ревизија безбедности саобраћаја на путу НЕ представља: фактор за одабир (на тендеру) најбољег решења пројекта (провера се ради на усвојеном решењу, а не на свим предлозима); ревизију пројекта и могућност поновног пројектовања; технички преглед пута и критиковање нечијег решења, и проверу примене стандарда.

Циљеви ревизије безбедности саобраћаја на путу јесу: идентификација потенцијалних проблема и небезбедних места за кориснике пута (учеснике у саобраћају); смањење озбиљних последица саобраћајне незгоде применом мера за уклањање потенцијалне опасности, и унапређење свести о безбедности саобраћаја код планера, пројектаната, извођача и особља на одржавању.

Добити од ревизије безбедности саобраћаја на путу јесу: однос трошкова и добити (Cost-Benefit Ratio) износи 1:20 (Нови Зеланд, 1993. година); трошкови мањи у односу на добит; смањење јачине (озбиљности) незгоде, и подизање свести управљача пута о потреби за управљањем безбедним путевима.

Услови за добру ревизију безбедности саобраћаја на путу јесу: независни стручњаци који нису учествовали у пројектовању; најмање две особе; особе обучене за проверу безбедности пута, и особе са искуством у саобраћајном инжењерству, пројектовању путева и безбедности саобраћаја, односно стручњаци из области саобраћајне психологије.

Управљање „*црним тачкама*“

Термин „*црна тачка*“ је поприлично усвојен у светским стручним круговима (енгл. Black Spot), иако се могу наћи и друге синтагме, као што су *опасна места* (енгл. Hazardous Spots), и сл. Одредница *црна тачка* почела је да се избегава, због политичке и друге коректности, у земљама где би могла да има расно значење.

Управљање „*црним тачкама*“ представља један од основних метода за унапређење безбедности путева, односно смањење фактора ризика пута.

Добит од управљања „*црним тачкама*“ јесте однос трошкова и добити (Cost-Benefit Ratio) и износи 1:14 (Аустралија и Нови Зеланд).

Према неким дефиницијама „*црна тачка*“ представља место (или деоницу пута) где су концентрисане саобраћајне незгоде са погинулима и повређенима.

4. СТАЊЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

У Републици Србији Законом о безбедности саобраћаја на путевима прописано је да путеви морају бити пројектовани, изграђени, реконструисани и одржавани тако да се саобраћај на њима може одвијати несметано и безбедно и морају испуњавати прописане услове.

Приликом опредељивања за изградњу новог или реконструкцију постојећег јавног пута, управљач јавног пута мора обезбедити пројекат стратешке компаративне анализе утицаја тог пута на безбедност саобраћаја на путној мрежи.

Управљач јавног пута мора обезбедити да се за пројекат јавног пута сачини пројекат ревизије безбедности саобраћаја. Ревизија безбедности саобраћаја на путу представља независну и систематску проверу пројеката пута са аспекта безбедности саобраћаја, за све фазе пројектовања закључно са пуштањем у саобраћај. Управљач јавног пута мора обезбедити независне пројекте провере безбедности саобраћаја на путу и то: периодичне провере у периоду од пет година за све деонице државних путева, циљане провере за најугроженије деонице државних путева и периодичне и циљане провере за остале путеве према могућностима, односно потребама.

Редовну контролу јавног пута у експлоатацији са аспекта безбедности саобраћаја на путу врши орган надлежан за послове саобраћаја – инспектор за јавне путеве. Управљач јавног пута мора обезбедити да се, на основу налаза инспектора за јавне путеве, сачини пројекат којим се утврђују мере за безбедно одвијање саобраћаја на путу.

Управљач пута дужан је да прати стање безбедности саобраћаја на путу, обезбеди независне пројекте у циљу идентификације опасних места најмање једанпут годишње и независне пројекте мапирања ризика на деоницама и идентификацију најопаснијих деоница, обавља стручне анализе високо ризичних деоница пута (црне тачке), сачини појединачан пројекат за санирање ризичних деоница и опасних места и предузме мере за санирање високо ризичних деоница пута и опасних места у складу са тим пројектом.

У случају саобраћајне незгоде са погинулим лицима, управљач јавног пута дужан је да на основу независне оцене, у року од месец дана, утврди узрок, односно допринос јавног пута настанку, односно последицама саобраћајне незгоде и предузме мере у циљу унапређења безбедности пута.

Ближе услове у погледу: стратешке компаративне анализе утицаја новог, односно реконструисаног пута на безбедност саобраћаја на путној мрежи, ревизије безбедности саобраћаја, провере безбедности пута, редовне провере пута у експлоатацији, праћења стања безбедности саобраћаја, анализе високо ризичних деоница, анализе доприноса пута саобраћајној незгоди са погинулим лицима, обавештавања, снимања саобраћаја и других величина саобраћајног тока, услова које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају путни објекти и други елементи јавног пута доноси министар надлежан за послове саобраћаја.

У Републици Србији усвојен је Правилник о саобраћајној сигнализацији, Правилник о условима које путеви и путни објекти морају да испуњавају са аспекта безбедности саобраћаја, Правилник о основним условима које тунел на јавном путу мора да испуњава са гледишта безбедности саобраћаја и подобности пута за одвијање саобраћаја, Правилник о средствима за успоравање саобраћаја на путу. Такође у фази израде су Правилник о стратешкој компаративној анализи новог, односно реконструисаног пута на безбедност саобраћаја на путној мрежи, ревизији безбедности саобраћаја, периодичној провери пута у експлоатацији, праћењу стања безбедности саобраћаја, анализи високо ризичних деоница, анализи доприноса пута саобраћајној незгоди са погинулим лицима, обавештавању, снимању саобраћаја и других величина саобраћајног тока и Правилник о зонама радова на путу. Такође у току је израда Уредбе о безбедности тунела.

5. ЗАКЉУЧАК

Након нешто више од четири године примене новог Закона о безбедности саобраћаја на путевима у Републици Србији, јасно је да су прописане одредбе које представљају добру праксу у земљама које управљају безбедношћу саобраћаја. Такође, уочавају се многе слабости садашње институционалне организације безбедности саобраћаја, и то: недовољна координација владиних и невладиних институција; често неразумевање новог и жеља за задржавањем постојећег стања у којем безбедност путева (када је у питању управљач пута) није играла значајну улогу и сл.

Жеља да се унапреди систем и да се уради нешто ново, упоређивањем са добром праксом других земаља издојило је поједине професионалце, али и неке доносиоце одлука да преузму одговорност и направе ту промену која је неопходна да се из једног неуспешног и превазиђеног начина размишљања пређе у примену добре праксе која је данас прописана и на нивоу ЕУ.

Основно за унапређење и управљање безбедности саобраћаја је направити стабилне институције са професионалцима који су образовани и тренирани на начин да спроведу, прате спровођење и по потреби отклањају недостатке који настају. Држави су потребни развијени институционални капацитети да би се управљало безбедношћу саобраћаја.

6. РЕФЕРЕНЦЕ

1. Bliss, A., *Implementing the Recommendations of the World Report on Road Traffic Injury Prevention, Transport Note No. TN-1,* The World Bank, Washington DC, 2004.
2. Bliss, A., Breen, J., *Country Guidelines for the Conduct of Road Safety Management Capacity Reviews and the Specification of Lead Agency Reforms, Investment Strategies and Safe System Projects*, World Bank, Washington D.C., 2009
3. Хаџић, Д., *Управљање безбедношћу саобраћаја са посебним освртом на изградњу институционалних капацитета у Републици Србији*, магистарски рад, Београд, 2008.
4. Howard, E., Breen J., *Review of road safety management capacity in the Republic of Serbia and proposals for an investment strategy***,** World Bank, Washington D.C., August 2007.
5. *Закон о безбедности саобраћаја на путевима*, („Службени гласник Републике Србије“, број 41/09, 53/10, 101/11, 32/13 - УС),
6. *Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management, (*OJ L 319, 29.11.2008, p. 59–67).
7. Приручник за ревизију безбедности саобраћаја, Пројекат „Техничка помоћ безбедности саобраћаја“, Louis Berger SAS.
8. *www.ms.gov.rs*

UPOTREBA COMPUTER VISION REŠENJA U POVEĆANJU BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA

Ivana Jovančić
Zebravia doo, iv.jovancic@gmail.com

Goran Đajić
Institut za puteve, g.djajic@highway.rs

Rezime: *Ovaj rad se bavi primenom computer vision sistema u povećanju bezbednosti učesnika u saobraćaju na putevima. Computer vision predstavlja skup tehnika za prikupljanje, obradu, analizu i interpretaciju slika i video materijala iz spoljašnjeg sveta u cilju dobijanja numeričkih ili simboličkih rezultata. U radu su predstavljeni do sada razvijeni "computer vision" sistemi, sa posebnim osvrtom na moduli computer vision sistema vezane za detekciju i praćenje kretanja učesnika u saobraćaju – kako automobila, tako i pešaka. Predstavlja se primena computer vision sistema u detekciji nedozvoljenog prelaska automobila preko pešačkog prelaza na kome je prisutno kretanje pešaka.*

Ključne reči: *computer vision, bezbednost puteva, pešački prelazi, detekcija učesnika u saobraćaju, primena softvera*

1. UVOD

Razvoj putne infrastukture i povećanje broja vozila na putevima propraćeni su povećanjem broja saobraćajnih nezgoda. Svi zajedno težimo da u budućnosti, uprkos njegovom povećanju, saobraćaj bude siguran, efikasan, ekonomičan, ekološki i da, pored pasivnih bezbednosnih sistema (sigurnosni pojas, air-bag, ABS, ESP...), što više koristi i aktivne bezbednosne sisteme. U cilju razvoja aktivnih bezbednostih sistam koriste computer vision algoritmi da bismo imali "pametna" vozila i "pametne" puteve i može se reći da će oni predstavljati okosnicu povećanja bezednosti na putevima u budućnosti. Razvoj kompjuterske tehnologije i smanjenje cena video kamera omogućavaju da današnji bezbednosni sistemi u saobraćaju sve više uključuju primenu kamera i computer vision metoda. Kamere se koriste kao deo putne infrastrukture, tj. postavljaju se na putevima ili se nalaze u vozilima.

Analiza video materijala je dobra osnova za mnoge studije o saobraćaju. Video materijali su bogati podacima, uredjaji za snimanje su sve jeftiniji, video kamere su često već instalirane u svrhu monitoringa. Pored toga, video podaci predstavljaju trajni zapis analiziranih dogadjaja u saobraćaju tako da mogu biti ponovo pregledani i potvrdjeni. Medjutim, ručno pregledanje materijala može biti vremenski veoma zahtevno i teško.

Computer vision predstavlja skup tehnika za prikupljanje, obradu, analizu i interpretaciju slika i video materijala iz spoljašnjeg sveta u cilju dobijanja numeričkih ili simboličkih rezultata. Korišćenje computer vision algoritama koje podrazumeva primenu komjuterskih algoritama za izdvajanje informacija iz digitalnog video signala ima ogromnu prednost jer time eksponencijalno raste snaga primene kompjutera.

U radu su pored pregleda do sada razvijenih i implementiranih computer vision sistema u saobraćaju predstavljeni i moduli za detekciju pešaka i vozila, moduli za praćenje kretanja pešaka i vozila kao i sistem nadgledanja pešačkih prelaza u cilju otkrivanja prekršaja vozača kao mera za smanjenje broja saobraćajnih nezgoda sa pešacima.

2. POSTOJEĆI "COMPUTER VISION" SISTEMI

Putni saobraćaj odvija se u interakciji sistema vozač-vozilo-okolina. Karakteristike svakog od ova tri činioca odražavaju se i na bezbednost čitavog sistema. Vozač prima informacije putem svojih čula i na osnovu njih reaguje, u skladu sa svojim sposobnostima. Karakteristike i mogućnosti vozila, kao i eventualni poremećaji i promene u njegovom kretanju, utiču u bitnoj meri na bezbednost saobraćaja. Kada se govori o okolini ima se pre svega u vidu stanje puta i putnog pojasa, prisustvo i ponašanje ostalih učesnika u saobraćaju, kao i vremenski uslovi...

Do sada razvijeni computer vision sistemi imaju primenu na svaki od ova tri segmenta. U ovom poglavlju prikazaćemo neke od njih, a u drugom delu ovog rada detaljnije ćemo predstaviti primenu computer vision sistema u detekciji nedozvoljenog prelaska automobila preko pešačkog prelaza na kome je prisutno kretanje pešaka.

Jedna od trenutno najaktuelnijih tema u oblasti computer visiona u saobraćaju je razvijanje computer vision sistema koji bi trebalo da bude deo vozila i koji su namenjeni za pomoć vozaču. Do sada je razvijeno nekoliko takvih sistema koji se mogu koristiti kao pomoć vozaču u toku vožnje (slika 1.)



Slika 1. *Computer vision sistemi kao pomoć vozaču*

Pored onih koji asistiraju pri parkiranju i vožnji unazad, tu su sistemi za detekciju pojave vozila u „mrtvom" uglu, za pomoć u noćnoj vožnji, ali i dva sistema od velikog značaja za bezbednost na putevima – sistem za prepoznavanje saobraćajnih znakova i za detekciju saobraćajne trake.

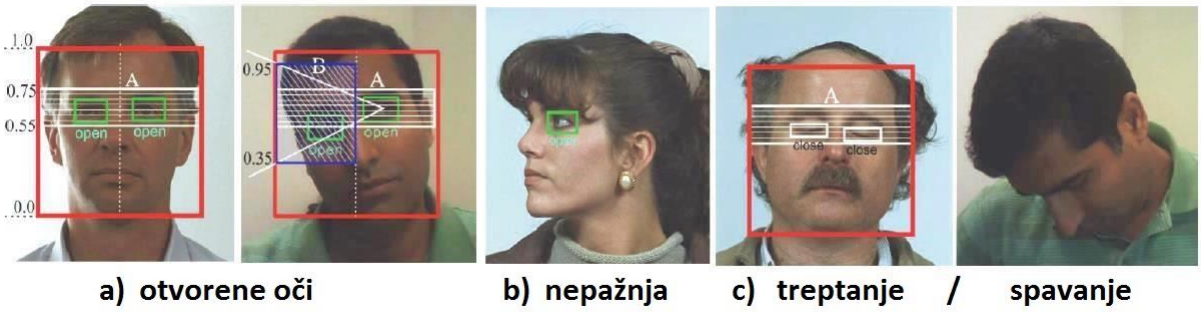
Putna signalizacija (horizontalna i vertikalna) predstavlja ključni element bezbednosti u saobraćaju. Vozač treba uvek da primeti i prepozna i horizontalnu i vertikalnu signalizaciju, posebno saobraćajne znakove. Problem prepoznavanja saobraćajnih znakova se izvodi u dva koraka. Prvi korak se najčešće radi putem kolor segmentacije. Obzirom da su saobraćajni znakovi specifičnih boja kolor segmentacija predstavlja dobru osnovu i polaznu tačku za odvajanje saobraćajnog znaka od pozadine. Nakon kolor segmentacije izvodi se segmentacija bazirana na obliku da bi se detektovao krug, pravougaonik ili trougao. Drugi korak je klasifikacija saobraćajnih znakova gde se koriste metode kao što su template matching, support vector machine (SVM), neuronske mreže i druge metode mašinskog učenja. [3]

Podaci dobijeni ovim putem mogu poslužiti za upozorenje vozača da mora odreagovati u skladu sa porukom na koju saobraćajni znak ukazuje ili se mogu direktno poslati vozilu cilju prilagođavanja brzine ograničenju ispisanom na saobraćajnom znaku i slično.

Drugi takođe bitan segment primene computer vision sistema kao pomoć vozaču predstavlja detekcija saobraćajne trake. Detekcija saobraćajne trake kojom se vozilo kreće i upozorenje kada vozilo napušta

saobraćajnu traku je veoma koristan sistem koji se može instalirati unutar vozila. Problemi vezani za detekciju saobraćajne trake su ključni element sistema za detekciju ivičnih linija (horizontalna putna signalizacija i odredjivanje širine celog puta). Pored određivanja trenutne trake, ovaj computer vision sistem koji se koristi u saobraćaju ima mogućnost izračunavanja položaja okolnih traka. Na ovaj način vozaču i vozilu se može signalizirati o nedozvoljenom prelasku preko pune linije, napuštanju vozne trake ili o opasnosti od napuštanja kolovoza u celini.

Još jedan veoma koristan computer vision sistem koji se koristi u saobraćaju i spada u one sisteme koji se nalaze u vozilima je sistem za kontrolu vozača - detekcija umora, odnosno pospanosti vozača. Pospanost vozača, tj. postepeni pad budnosti vozača koji je izazvan umorom ili monotonim uslovima vožnje, često praćena time da vozač zaspi tokom vožnje. Razvijene su različite tehnike za detekciju umora i pospanosti kod vozača.



Slika 2. *Monitoring vozača*

Ove tehnike mogu se podeliti u tri grupe: metode koje analiziraju vozačev umor na osnovu očnih kapaka i pokreta glave, metode zasnovane na performansama vozača sa fokusom na ponašanje vozača i metode koje su zasnovane na kombinaciji trenutnog stanja vozača i njegovih peformansi.

Computer vision sistem zadužen za praćenje vozača analizira dijametar otvorenosti očiju, učestalost treptanja, usmerenost pogleda itd. i kombinuje ih sa performansama i akcijama koje vozač preduzima. Na ovaj način dobijeni rezultati mogu se podeliti u tri grupe (slika 2.): a) prihvatljivo b) upozoravajuće i c) opasno.

Sledeći u nizu izazova sa kojima se sreće computer vision u oblasti bezbednosti saobraćaja je detekcija okolnih vozila. Okolna vozila mogu predstavljati opasnost ako ih vozač nije svestan. U slučaju kada je vozač umoran sposobnost praćenja okolnih vozila je veoma smanjena. Ovo je naročito važno u situacijama prestrojavanja u drugu saobraćajnu traku, prilikom vožnje u koloni, prilikom parkiranja i slično. Uradjeno je mnogo istraživanja u oblasti detekcije vozila pomoću optičke kamere i to i dalje predstavlja izazov. Glavni problem kod detekcije vozila u video materijalu je značajna promenljivost u spoljašnjim uslovima (sunčeva svetlost, sneg, kiša, magla, prašina) kao i varijacije kod samih vozila (veličina vozila, oblik, boja) [3]

Pored pomoći vozaču, primena computer vision sistema za detekcija vozila, između ostalog ima široku primenu za otkrivanje saobraćajnih prekršaja – pre svega prekoračenja brzine, prolaska na crveno svetlo semafora, nepoštovanje zabrane kretanja žutom trakom…

Nešto na čemu se fokusira dalji razvoj computer vision sistema je detekcija pešaka i o tome će biti reči u nastavku.

3. DETEKCIJA UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Detekcija objekata je najčešći zadatak u analizi video fajlova uopšte i to naročito kada se radi o problemima nadzora i nadgledanja, pa je samim tim detekcija objakata, tj. učesnika u saobraćaju veoma važan zadatak i u oblasti monitoringa saobraćaja.

Jedan od najčešćih pristupa kod ovih algoritama je eliminisanje pozadine što pomaže da se identifikuju objekti koji se kreću tako što će se oni odvojiti od statičke pozadine. Postoji više izazova sa kojima se susrećemo prilikom razvijanja ovakvih algoritama. Prvo, oni moraju biti robustni i neosetljivi na promenu svetlosti. Drugo, trebalo bi da izbegavaju detektovanje objekata koji pripadaju pozadini, a ne objektu koji posmatramo (lišće, kiša, sneg, senke…). I na kraju, potrebne su brze reakcije da je došlo do promene pozadine kada, na primer, vozilo krene ili se zaustavi.

3.1. Detekcija pešaka

Detekcija pešaka je nezaobilazan, jedan od esencijalnih i najznačajnijih zadataka u computer vision sistemima koji su namenjeni za povećanje bezbednosti u saobraćaju na putevima. Zadatak detekcije pešaka nije jednostavan. Zahtevi koje treba ispuniti i problemi koje treba rešiti su izmedju ostalog i:

- Različiti načini odevanja kod različitih ljudi obzirom na vremenske uslove, pol, starosnu dob itd.
- Različit način i brzina hoda kod različitih ljudi kao i položaj tela u specificnim situacijama (npr. pešak koji gura dečija kolica i sl.)
- Prisutni su objekti koji mogu delimično zaklanjati delove tela pešaka (torba, kesa, pas koga pešak vodi na povodcu i sl.)
- Veoma je čest slučaj da pešaci medjusobno zaklanjaju jedan drugog

3.1.1. Postojeći pristupi u rešavanju problema detekcije pešaka

Uprkos značajnim izazovima i poteškoćama detekcija pešaka i dalje predstavlja aktivnu i atraktivnu oblast istraživanja u domenu computer vision algoritama. Postoji nekoliko pristupa u rešavanju ovog problema. Neki od njih su sledeći:

- ***Holistički pristup***

Kod ovog pristupa detektor se obučava da traži pešaka u video frejmu skeniranjem čitavog frejma. Detektor će smatrati da je uspeo u pretrazi ukoliko posmatrane karakteristike slike u regionu koji se posmatra zadovoljavaju tražene kriterjume. Neke metode koriste globalne karakteristike kao što su edge template, drugi koriste lokalne karakteristike takozvane deskriptore (kao što je npr. histogram of oriented gradients descriptor). Nedostatak ovog pristupa je što performanse mogu biti značajno oslabljene zbog pozadinskih smetnji, šuma ili okluziije.

- ***Detekcija bazirana na delovima objekta (part-based)***

Kod ovog pristupa pešaci se modeluju kao skup iz više delova. Za svaki deo objekta se generišu hipoteze uz pomoć lokalnih karakteristika tog dela objekta. Nakon toga se hipoteze za svaki deo objekta objedinjuju tako da se dobije najbolja moguća hipoteza. Iako je ovaj pristup atraktivan, detekcija bazirana na delovima objekta je veoma težak zadatak.

- ***Patch-based detekcija***

Ovaj pristup je predstavljen nedavno i kombinuje detekciju i segmentaciju a poznat je još i pod imenom Implicit Shape Model (ISM). U fazi učenja pravi se “šifarnik”. U fazi detekcije izdvojene lokalne karakteristike se koriste da se upare sa ulazima iz šifarnika i svaki upareni podatak dodaje jedan glas za odredjenu hipotezu. Finalni rezultat detekcije dobija se daljim “prečišćavanjem” hipoteza. Prednost ovog pristupa je u tome što zahteva samo mali broj slika za trening fazu.

- ***Detekcija korišćenjem više kamera***

Ovo je metod integrisanja više kalibrisanih kamera za detekciju više pešaka. U ovom pristupu ravan je podeljena na uniformne, nepreklapajuće ćelije grida koje su najčešće veličine 25x25 (cm). Detektor pravi POM (Probability Occupancy Map) koja daje procenu verovatnoće za svaku ćeliju grida da li se u njoj nalazi neka osoba ili ne.

U ovom radu predstavljeni su rezultati (Slike 3. 4. i 5) dobijeni algoritmom za detekciju pešaka koji je razvijan i implementiran u Computer Vision laboratoriji na Univerzitetu u Lozani, u Švajcarskoj (Computer Vision Laboratory – CVLAB, Faculté Informatique et Communications - IC , Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne – EPFL) kao deo doktorske disertacije (Dimitrijevic Miodrag, Spatio-temporal human pose detection, 2007) [1]. Ovaj metod za detekciju pešaka u snimljenom video materijalu kombinuje uparivanje silueta, informacije o kretanju i relevantne statističke procene na originalan način. Informacije o pokretu su prisutne u samim templejtovima što je veoma važno jer se ljudski pokret veoma razlikuje od drugih vrsta pokreta i može se veoma efikasno koristiti da se ljudi odvoje od drugih statičkih ili pokretnih objekata na slici, odnosno u video materijalu koji se obradjuje.



Slika 3. *Primer detekcije pešaka*



Slika 4. *Primer detekcije pešaka*



Slika 5. *Primer detekcije pešaka*

3.2. Detekcija vozila

U ovom radu predstavljeni su rezultati (Slike 6., 7. i 8) dobijeni algoritmom za detekciju vozila koji je razvijan i implementiran u Computer Vision laboratoriji na Univerzitetu u Lozani, u Švajcarskoj (Computer Vision Laboratory – CVLAB, Faculté Informatique et Communications - IC , Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne – EPFL) a opisan je u [2]. Ovaj alogoritam prevazilazi neke od glavnih izazova u oblasti detekcije i lokalizacije objekata na slici. Sastoji se od dva koraka, faze treninga i faze odlučivanja da li se na slici u zadatom regionu nalazi vozilo ili ne. Imamo zadati bounding-box koji definiše prozor na slici i opisujemo ga tako što za svaki piksel izračunavamo SIFT-like deskriptor, zatim svakom pikselu dodeljujemo broj klastera i kreiramo mapu labela. Centri klastera se izračunavaju tokom faze treninga koristeći K-Means. Na kraju kreiramo piramidu histograma koja prikazuje frekvenciju labela u sve manjim i manjim regionima. Finalni korak našeg algoritma je treniranje SVM-e (Support Vector Machines) da odlučuje da li se vozilo nalazi unutar bounding-boxa ili ne. Detektor prvo bira kandidate koji su veličine bounding box-a a onda ocenjuje te hipoteze i odlučuje da li je hipoteza ispravna, tj. da li se unutar bounding box-a nalazi vozilo ili ne.



Slika 6. *Primer detekcije automobila*



Slika 7. *Pimer detekcije automobila*



Slika 8. *Primer detekcije automobila*

4. PRAĆENJE UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Praćenje pokretnih objekata u video fajlovima se sastoji u tome da algoritam mora da odluči da li se objekat pomerio ili ne i ako se jeste pomerio da ga prepozna na novoj lokaciji Video sekvence se sastoje od uzastopnih slika koje su napravljene u veoma malim vremenskim intervalima (ako kamera ima frame rate od 30 frejmova u sekundi to zapravo znači da imamo 30 slika u seundi, tj. kretanje zabeleženo kontinualno na 30 slika u sekundi). Za praćenje kretanja objekata u video fajlovima vrši se analiza uzastopnih frejmova i kao izlaz se dobija kretanje objekta koji pratimo od frejma do frejma. Postoje različiti algoritmi za to. Svaki od njih ima i dobre i loše strane. Primena algortma je ono što najviše utiče na izbor algoritma za praćenje kretanja. Dve glavna tipa algoritama za praćenje kretanja su: reprezentacija i loklizacija objekta koji pratimo i filter algoritmi.

Što se tiče reprezentacije i lokalizacije objekta koji pratimo postoje različiti alati za identifikaciju objekta koji se kreće. Ovo su najčešći algoritmi tog tipa:

- Praćenje blobova (Blob tracking): segmentacija unutrašnjosti objekta (na primer detekcija bloba, block-based korelacija ili optical flow algoritmi)
- Kernel-based tracking: iterativna lokalizacijska procedura zasnovana na maksimizaciji mere sličnosti
- Praćenje kontura (Contour tracking): detekcija ivica objekta

Filter algoritmi se obaziru i znanje prethodnih informacija o sceni ili objektu, a obzirom na dinamiku samog objekta. Ovi algoritmi rade ocenjivanje različitih hipoteza i odlučivanje koja hipoteza je najverovatnija. Ovi metodi omogućavaju praćenje kompleksnih objekata uz kompleksnije medjusobne interakcije medju objektima kao što je na primer praćenje kretanja objekta preko prepreka. Najčešće korišćen filter algoritam za tracking je Kalmanov filter.

4.1. Praćenje pešaka

U radu su dati primeri praćenja kretanja pešaka na pešačkom prelazu (Slike 9., 10. i 11). Algoritam uspešno prati kretanje pešaka a takodje i brzinu njegovog kretanja, tj. detektuje i zaustavljanje pešaka što je od velikog značaja u funkciji detektovanja saobraćajnih prekršaja.



Slika 9. *Primer praćenja kretanja pešaka*



Slika 10. *Primer praćenja kretanja pešaka*



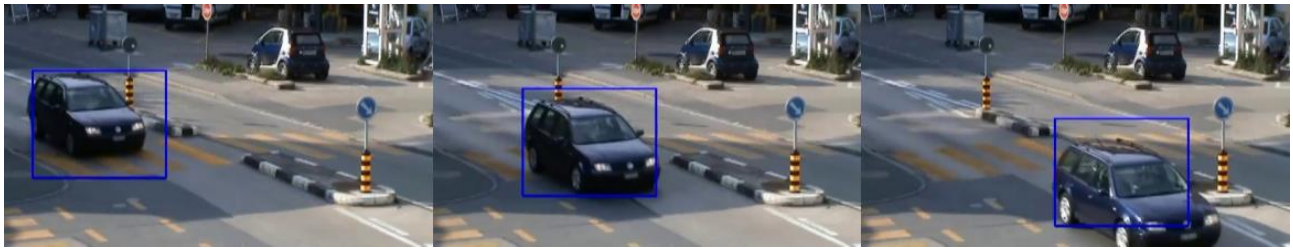
Slika 11. *Primer praćenja kretanja pešaka*

4.2. Praćenje vozila

U radu su dati primeri praćenja kretanja automobila (Slike 12., 13. i 14). Algoritam uspešno prati kretanje automobila a takodje detektuje i zaustavljanje automobila što je od velikog značaja u funkciji utvrdjivanja da li je vozač napravio prekršaj ili ne.



Slika 12. *Pimer praćenja kretanja automobila*



Slika 13. *Pimer praćenja kretanja automobila*



Slika 14. *Pimer praćenja kretanja automobila*

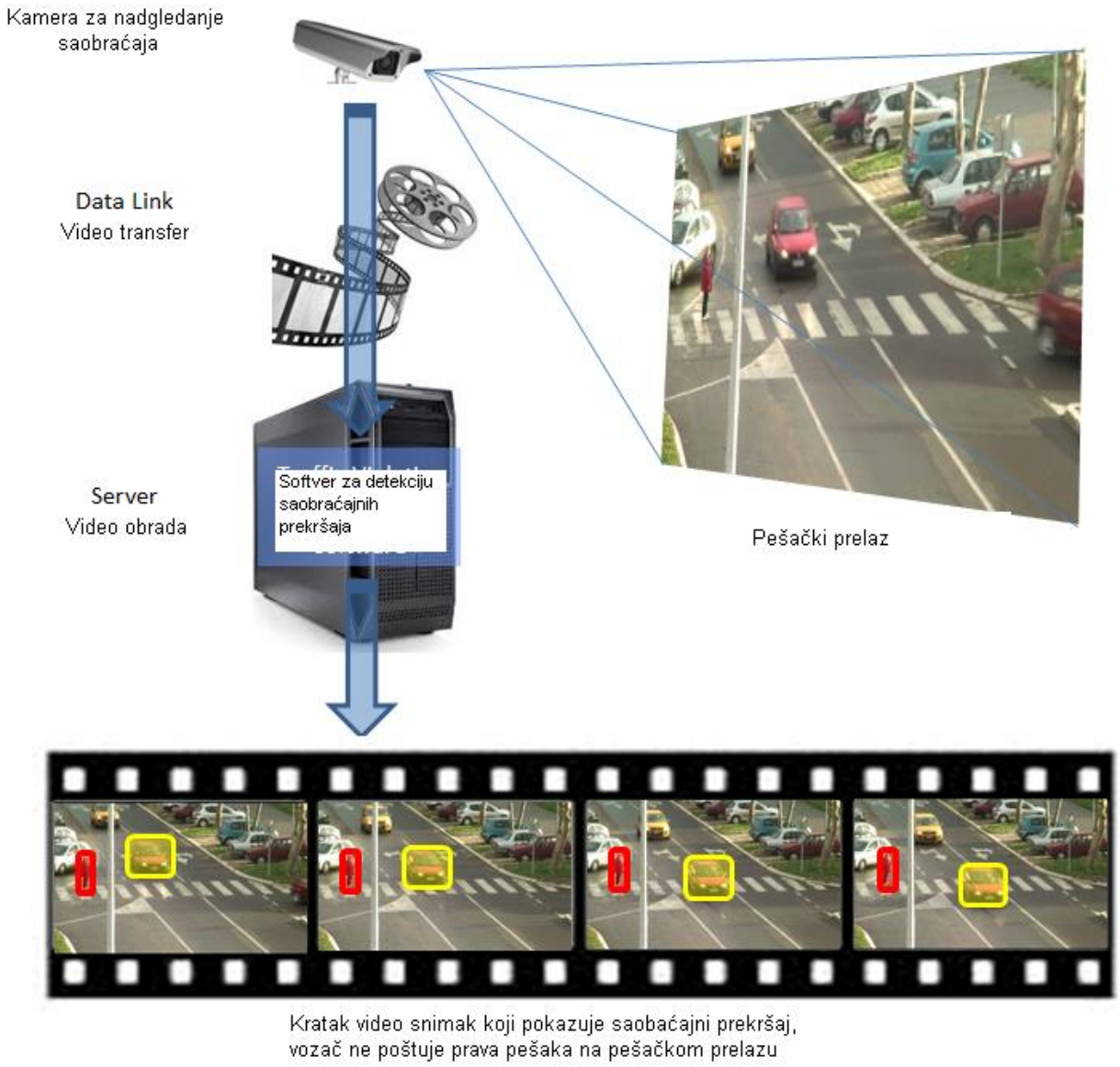
5. SISTEM ZA NADGLEDANJE PEŠAČKIH PRELAZA

Bezbednost pešaka je globalno važan problem. Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization) je u svom izveštaju opisala saobraćajne nezgodne kao glavne uzroke smrti i povreda ljudi širom sveta procenjujući da se godišnje desi 1.2 milliona smrtnih ishoda i oko 50 million povreda u saobračajnim nesrećama na putevima. Pešaci predstavljaju 65% svih smrtnih ishoda u saobraćaju širom sveta od čega čak 35% čine deca. U Srbiji je broj stradalih pešaka takodje veoma veliki, više od 150 svake godine. Mnogo pešaka strada čak i na pešačkim prelazima.

Sistem koji se predstavlja u ovom radu bavi se ovim problemom tako što vrši automatsko otkrivanje prekršaja vozača na pešačkim prelazima. Ovo rešenje neće samo primoravati vozače da poštuju pešake na pešačkim prelazima već će i ohrabriti pešake da koriste “zebre” za prelaženje preko ulice. Na taj način korišćenje ovog sistema vodiće ka novoj kulturi u bezbednosti saobraćaja što bi predstavljalo dobit za čitavo društvo.

Ovakav sistem bi predstavljao potpunu primenu inteligentnih transportnih sistema u funkciji smanjenja stradanja pešaka u saobraćaju. Primena inteligentnih transportnih sistema je nezaobilazna u oblasti bezbednosti saobraćaja. Sistem koji je predstavljen u ovom radu se odnosi na preventivni mehanizam za povećanje bezbednosti pešaka putem otkrivanja prekršaja nepoštovanja prava pešaka na pešačkom prelazu.

Sistem se sastoji od kamere za nadgledanje saobraćaja na pešačkom prelazu koja snima video materijal i šalje ga na server. (Slika 15) Tako dobijeni materijal se na serveru softverski obradjuje. Softver je baziran na computer vision algoritmima za detekciju i praćenje pešaka kao i na algoritmima za detekciju i praćenje vozila.



Slika 15. *Šematski prikaz sistema za nadgledanje pešačkih prelaza*

Ovaj inteligentni sistem kombinuje i obradjuje rezultate ovih algoritama. Na izlazu dobijamo kratku video sekvencu (1-3 minuta) koja pokazuje detektovani saobračajni prekršaj. (Slike 16., 17. i 18)



Slika 16. *Primer detekcije prekšaja*



Slika 17. *Primer detekcije prekšaja*



Slika 18. *Primer detekcije prekšaja*

6. ZAKLJUČAK

Prema rečima načelnika Odeljenja za bezbednost saobraćaja u Ministarstvu saobraćaja na konferenciji povodom Svetskog dana telekomunikacija prošle godine čija je tema bila "IKT i poboljšanje bezbednosti na putevima" - sistemsko uvođenje Inteligentnih transportnih sistema (ITS) do 2017. godine može globalno da smanji broj nezgoda za 15 odsto, broj smrtnih slučajeva za polovinu i vreme putovanja za 25 odsto. Primena ITS može da doprinese poboljšanju uslova u saobraćaju, kvalitetnijim uslugama u javnom prevozu, da unapredi bezbednost saobraćaja i smanji troškove transporta, kao i da smanji negativne uticaje na životnu sredinu.

Primena inteligentnih transportnih sistema u funkciji bezbednosti saobraćaja je posebno efikasan način unapredjenja bezbednosti pešaka koji su označeni kao najranjivija kategorija učesnika u saobraćaju.

U budućnosti computer vision algoritmi će se razvijati u pravcu rešavanja sledećih problema: usavršavanje prepoznavanja saobraćajnih znakova, identifikacija centralne linije na putu, rekonstrukcija puteva kroz tunele, izračunavanje karakteristika krivina, određivanje raspoložive preglednosti puta, izračunavanje tačnog vremena trajanja putovanja, detekcija opasnosti na putu i rano javljanje o preprekama koje postoje na putu, upozoravanje na držanje bezbednog rastojanja.

LITERATURA

[1] Miodrag Dimitrijević, Pascal Fua, 2007. Spatio-temporal human pose detection, PHD thesis, (on-line) available at: http://infoscience.epfl.ch/record/109926/files/EPFL_TH3903.pdf (02.11.2007)

[2] Mustafa Ozuysal Vincent Lepetit Pascal Fua, 2009. Pose Estimation for Category Specific Multiview Object Localization, Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2009. IEEE Conference on, (on-line) available at: http://cvlabwww.epfl.ch/~lepetit/papers/ozuysal_cvpr09.pdf (20-25.06.2009)

[3] Kristian Kovačić, Edouard Ivanjko and Hrvoje Gold, 2013. Computer Vision Systems in Road Vehicles, A Review, in Proceedings of the Croatian Computer Vision Workshop, Year 1, (on-line) available at: http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1310/1310.0315.pdf (19. 09. 2013)

UPRAVLJANJE KONTROLOM PRISTUPA – EFIKASNOST I BEZBEDNOST PUTNE MREŽE SRBIJE

ACCESS MANAGEMENT – EFFICIENCY AND TRAFFIC SAFETY OF ROAD NETWORK IN SERBIA

Prof. dr. Vladan Tubić dis[1]
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, vladan@sf.bg.ac.rs
Marijo Vidas dis
Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, m.vidas@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Putevi predstavljaju značajne resurse i najvažnije javne investicije jedne zemlje. Svaki put ima dvostruki zadatak, da obezbedi efikasno saobraćajno povezivanje i u isto vreme omogući pristupačnost do lokacija u neposrednom okruženju puta. Ovi zadaci su kontradiktorni, pa je bitno racionalno uravnoteženje. Dostizanje zahtevane efikasnosti i očuvanje bezbednosti u saobraćajnom toku inicira veću kontrolu pristupa i obratno, povećan broj pristupa negativno utiče na bezbednost učesnika i smanjenje kapaciteta puta. Uticaj kotrole pristupa ima različit karakter na saobraćajne uslove na vangradskoj i gradskoj mreži, zbog bitno drugačijih osobenosti saobraćajnog procesa, ali i atraktivnosti zemljišta kome (ne)treba omogućiti pristup. Haotična urbanizacija u neposrednom putnom okruženju u našoj zemlji, posebno je izražena na državnim putevima i njihovim prolascima kroz naseljena mesta. U radu će biti prikazani rezultati istraživanja uticaja velikog broja priključaka na kapacitet i Nivo Usluge izabranih deonica državne putne mreže. Iako je prvi pravilnik kontrole pristupa nastao još davne 1902.g., (New Jersey, USA) broj priključaka, odnosno pristupa koji je istraživanjima detektovan na našim putevima nije zabeležen u savremenoj literaturi i jasno ukazuje na činjenicu da se ovim problemom niko nije bavio. Zbog bezbednosnih razloga se rešenje traži u ograničenjima brzine koji ne odgovaraju rangu puta, a visoko kapacitivni vangradski putevi postaju deonice gradske ulične mreže. U radu će biti prikazane tehnike i smernice koje bi napokon trebale naći primenu i u našim uslovima, kao i modeli za kvantifikaciju uticaja na bezbednost i efikasnost saobraćaja.*

Ključne reči: *Kontrola pristupa, bezbednost saobraćaja, nivo usluge*

Abstract: *Roads constitute a valuable resource and a major public investment. Every road has two tasks to achieve, to provide efficient traffic connection and at the same time to provide accessibility to locations in the immediate environment of the road. Reaching wanted efficiency and maintaining safety, needs more access control, since increased number of connections, will have negative impact on traffic safety and road capacity. Influence of access management has a different character to the traffic conditions on rural and urban road network, due to divergence in traffic processes, as well as in the attractiveness of the land. The chaotic urbanization in the immediate road environment in our country is particularly evident on state roads and their passages through urban areas. The paper presents results of research on the effect of a large number of connections to the capacity and level of service, for selected sections of the national road network. Although the first access control rule book is from 1902, (New Jersey, USA) number of connections, detected on our roads, is not recorded in the current literature. For safety reasons, speed limits do not match to rank of the road and highly capacitive interurban roads are becoming sections of the city street network. Here will be displayed techniques and guidelines that should find implementation in our conditions, as well as models for quantifying the impact on traffic efficiency and safety.*

Keywords: *Access control, traffic safety, level of service*

1. UVOD

Putevi predstavljaju značajne resurse i najvažnije javne investicije jedne zemlje. Svaka saobraćajna deonica ima dvostruki, a istovremeno i kontradiktorni zadatak: da obezbedi efikasno saobraćajno povezivanje i omogući pristupačnost do lokacija u neposrednom okruženju puta, zbog čega je potrebno racionalno uravnoteženje istih. Po opštim shvatanjima u funkcionalnom sistemu puteva često je nemoguće obezbediti visok nivo usluge tj. bezbedno i neometano kretanje vozila na putevima, uz prisustvo optimalnih brzina, kao i pristupačnost lokaciji u posmatranom trenutku.

Dostizanje zahtevane efikasnosti i očuvanje bezbednosti u saobraćajnom toku inicira veću kontrolu pristupa i obratno, povećan broj pristupa negativno utiče na bezbednost učesnika i smanjenje kapaciteta puta.
Po funkcionalnoj kategorizaciji, autoputevi i državni putevi višeg ranga (DP IA, DP IB) obezbeđuju brzo povezivanje udaljenih prostornih celina, dok državni putevi nižeg ranga (DP II) i lokalni putevi trebaju da obezbede potreban pristup prema različitim sadržajima u neposrednom okruženju puta.

[1] Autor zadužen za korespodenciju: vladan@sf.bg.ac.rs

Uticaj kontrole pristupa ima različit karakter na saobraćajne uslove na vangradskoj i gradskoj mreži, zbog bitno drugačijih osobenosti saobraćajnog procesa, ali i atraktivnosti zemljišta kome (ne)treba omogućiti pristup. U ovom radu posebna pažnja će biti posvećena problemima kontrole pristupa na vangradskim dvotračnim putevima i njihovim deonicama koje se nalaze u blizini naseljenih mesta.

2. ISTORIJA, RAZVOJ I REGULATIVA KONTROLE PRISTUPA

Analizom efikasnosti vangradskih deonica jasno je da upravljanje kontrolom pristupa predstavlja značajan faktor koji utiče na zahtevano funkcionisanje saobraćaja. Termini pristupa i kontrole pristupa još uvek kod nas nemaju adekvatno značenje i tretman, za razliku od inostrane literature.

2.1. Istorijski pregled

Na početku 20. veka vangradski putevi su bili sasvim nerazvijeni u poređenju sa gradskim. Oni su bili uski, sa blatnjavim površinama sagrađeni uglavnom za zaprežna vozila koja su razvijala brzine do 10 kilometara na sat. Razvojem automobilskog saobraćaja pojavile su se potrebe za regulisanjem kretanja i pristupa raznorodnih vozila (zaprega, putničkih automobila i sl.) na puteve. Prvi državni pravilnik kontrole pristupa je bio propisan u državi **New Jersey, USA 1902. godine**. Ovaj pravilnik se prvenstveno odnosio na tadašnje „autoputeve" i ograničavao pristup i priključenje zaprežnih i lakih vozila na ove saobraćajne objekte [L. 9].

U periodu između 1900. i 1920. godine, broj registrovanih motornih vozila je u USA narastao od 8 hiljada na 10 miliona. Putnički automobili su bili pouzdaniji za vožnju i interesovanje za putovanje njima je poraslo. Vangradski putevi su odgovarali za putovanje putničkim vozilima sa velikim brzinama. Problem koji se tada pojavio je nanošenje blata i prljavštine na kolovoz pri izlasku vozila sa pristupa. Neke države su pokušale to da reše odgovarajućim finansijskim merama odnosno popularno rečeno kaznama.

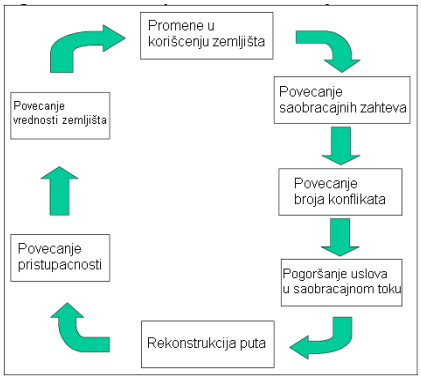
Godine 1937. države New York i Rhode Island, USA usvojile su pravilnik uz odobrenje državne uprave, za projektovanje i izgradnju „autoputeva" koji obuhvataju puno ili delimično pravo pristupa vlasnicima imovine pored puta, sa ciljem da se obezbedi dugotrajno korišćenja ovih puteva. Autoput projektovan u Pennsylvania, USA 1937. godine i otvoren 1940. godine bio je prvi savremen međudržavni autoput sa punom kontrolom pristupa. To je postao model koji je savezna uprava primenila za sistem međudržavnih puteva.

Prva država koja je imala opsežan i sveobuhvatan program upravljanja pristupima je bila Colorado, USA. Ova država u USA je donela uredbu 1979. godine da na svim državnim putevima kontroliše pristup. Ovim je jednostavno određeno da pristup može biti stečen samo odobrenjem od strane državne uprave za puteve. Pored toga, državna komisija za puteve je uputila zahtev za uspostavljanje standarda i pravilnika za pristupe na državne puteve, koji je usvojen 1981. godine [L. 9].

Iz gore navedenog možemo zaključiti da USA predstavljaju začetnike uvođenja kontrole pristupa u projektovanje puteva.

2.2. Ciklus pojave pristupa

Povezanost između prevoza i korišćenja zemljišta se nekad objašnjava kao neprekidan ciklus. Izgradnja ili rekonstrukcija puteva obezbeđuje povećanu pristupačnost jednoj oblasti, čime se povećava vrednost zemljišta i podstiče njen razvoj ili obnova. Sa razvojem, rastu i potrebe za saobraćajnim uslugama, odnosno za novim prilaznim putevima, čime se stvara više saobraćajnih konflikata, što dovodi do pogoršanja uslova u saobraćajnom toku, a prilazni putevi odnosno pristupi gube funkcionalnost. Konačno, nivo saobraćajne usluge opada u tolikoj meri da dalje poboljšanje puta ne daje efekte, već se nastali saobraćajni problem rešava izgradnjom novog saobraćajnog objekta, te ciklus počinje ponovo. Cilj kontrole pristupa je sprečavanje ili zaustavljanje ovakvog ciklusa [L. 4]. Osnovni elementi ovog ciklusa prikazani su na Slici 1.

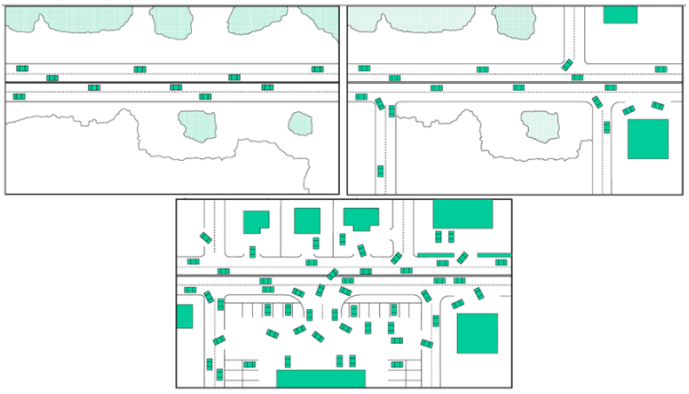


Slika 1. *Ciklus saobraćaja i korišćenja zemljišta*
Izvor: [L. 4]

2.3. Razvoj pristupa

Usled dugog vremenskog perioda za nastanak gore pomenutog ciklusa, razvoj se retko posmatra kao kriza, sve dok saobraćajni problemi ne postanu učestali. Zato je dozvoljeno da se razvoj nastavi, sve dok saobraćajni problemi ne postanu nepodnošljivi. Ova pojava je izražena u našim uslovima, pa se zbog bezbednosnih razloga rešenje traži u ograničenjima brzine koji ne odgovaraju samom rangu puta, a visoko kapacitivni vangradski putevi postaju deonice gradske ulične mreže, što je prikazano na Slici 2. Vezni putevi koji nose velike količine saobraćaja predstavljaju atraktivne lokacije za izgradnju novih naselja.

Izgradnja stambenih i komercijalnih objekata smeštena je tokom vremena duž glavnih puteva sve dok izgradnja zgrada u nizu ne postane preovlađujući način upotrebe zemljišta.



Slika 2. *Kumulativni uticaj ivičnog razvoja tokom vremena*

2.4. Uporedna analiza zakonskih propisa koji se odnose na kontrolu pristupa

Prema pravilniku za upravljanje pristupima u Južno Afričkoj Republici svako priključenje na put je moguće samo uz odgovarajuće odobrenje, koje izdaje upravljač puta. U tom pravilniku se decidno navode uslovi dobijanja odobrenja za pristup, odstupanje od standarda kada se ta odobrenja izdaju, kao i obaveze imaoca odobrenja. Navode se i obaveze upravljača, odnosno njegovog rukovodstva o vršenju arhiviranja podataka i njegovoj kontroli na terenu.

Vrlo interesantan stav koji se odnosi na priključenje na javni put, određen zakonskom regulativom u USA, jeste da svako ima pravo na priključenje na put, ali ne na svaki put i na željenu lokaciju. Pravilnici koji se odnose na upravljanje pristupima odnosno kontrolu pristupa, u raznim državama USA se razlikuju po svom sadržaju, ali uglavnom se odnose na uslove za izdavanje odobrenja za priključenje na državni put, uz stav da se ni na jedan put ne može priključiti bez odobrenja.

U našoj državi, sem Zakona o javnim putevima [L. 3] i Pravilnika o uslovima kojje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta [L. 8], ne postoji druga regulativa kojom se detaljno reguliše – definiše mogućnost priključenja na puteve koji su pod nadležnošću J.P. „Putevi Srbije“. Zakonom se samo određuje da odobrenje izdaje ovaj organ, dok uslovi za izdavanje nisu detaljno razrađeni i propisani. Takođe, navedeno je da je potrebna izrada tehničke dokumentacije za izgradnju raskrsnica i priključaka na državni put, ali posebni pravilnici za to nisu precizirani.

3. FUNKCIONALNA KLASIFIKACIJA PUTEVA I KONTROLA PRISTUPA

Prvi korak uvođenja efikasne kontrole pristupa predstavlja funkcionalna klasifikacija puteva, tj. Veza između ranga puta i nivoa kontrole pristupa. U ovom delu rada biće prikazano stanje u našim uslovima i nekim zemljama u svetu.

Putevi koji su pod nadležnošću državne uprave, obično su klasifikovani prema svrsi odnosno svojini. Ovakva podela se najčešće smatra administrativnom podelom puteva. Funkcionalna klasifikacija je specifičan deo ovakvog razvrstavanja u kome su javni putevi grupisani u klase, sisteme ili vrste prema karakteru usluga za koje su oni planirani. Raspon u određivanju uloge puta u mreži puteva proteže se od slobodnog saobraćajnog toka, odnosno kretanja kroz mrežu javnih puteva velikim brzinama, sa jedne strane, do pristupa sadržajima neposredno uz put, sa druge strane. U skladu sa tim, dva osnovna zadatka pri određivanju funkcionalne klase javnih puteva su:

1. Pristup sadržajima neposredno uz put,
2. Slobodno kretanje velikim brzinama.

Opšta zajednička osobenost svih javnih puteva je da izvršavaju oba ova zadatka u raznim vidovima [L. 2].

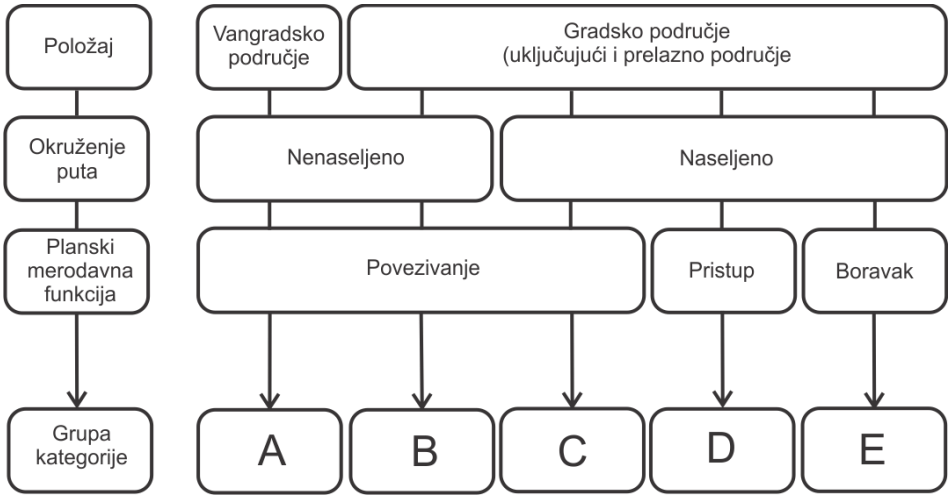
3.1. Savezna Republika Nemačka

Administrativni sistem klasifikacije puteva u SR Nemačkoj je podeljen na pet oblasti. Faktori koji su korišćeni za ovu klasifikaciju su:

- Okruženje puta u odnosu na izgrađene oblasti (unutar/izvan),
- Okruženje puta u pogledu zahteva za potrebu pristupačnosti lokaciji.

U planskoj dokumentaciji je već određena veza funkcionalne klasifikacije i kontrole pristupa, određivanjem tri nivoa koja mreža puteva u toj zemlji mora da zadovolji: povezivanje, pristup i boravak.

Na slici 3. Prikazana je podela puteva prema položaju u prostoru i njenoj osnovnoj funkciji, sa pojednostavljenom funkcionalnom klasifikacijom i delimičnim opredeljenjem o kontroli pristupa.

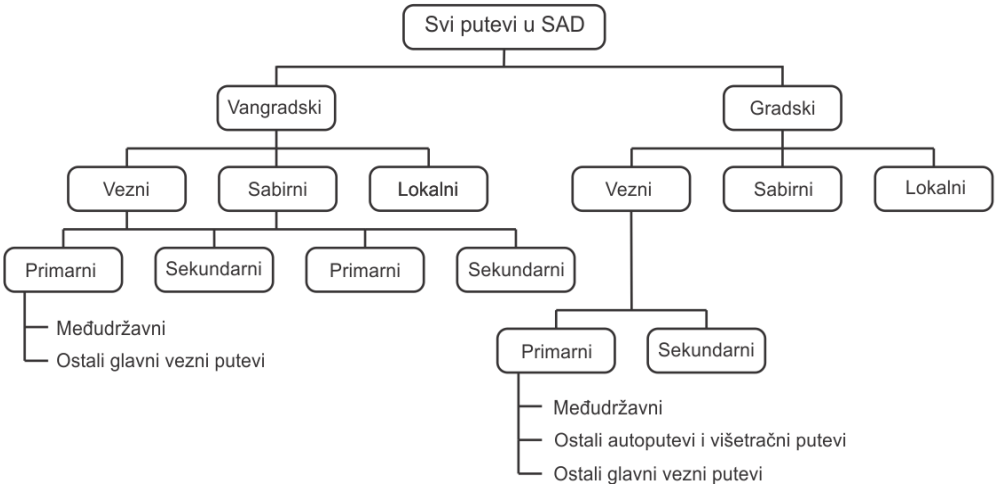


Slika 3. *Klasifikacija puteva u SR Nemačkoj*

3.2. Sjedinjene Američke Države (USA)

Najčešće je uloga puta u mreži određena željenim nivoom usluge odnosno funkcionisanjem saobraćaja na njemu. Obično, brzine vozila odnosno protočnost opada kada se povećava pristupačnost sadržajima. Na osnovu toga funkcionalna klasifikacija pravi razliku između veznih, sabirnih i lokalnih puteva.

U skladu sa okruženjem i administrativnom klasifikacijom, podela puteva u USA je prikazana na slici 4.



Slika 4. *Opšta klasifikacija puteva u USA*
Izvor: [L. 10]

Na osnovu opšteg prikaza administrativnog razvrstavanja, funkcionalne podele puteva, obzirom da u USA, postoji više država pri kojoj svaka ona ima svoj oblik funkcionalne klasifikacije, opšti zajednički stav koji je primetan kod svih ovih država je prikazan u tabeli 1.

Tabela 1. *Klasifikacija javnih puteva prema kriterijumu pristupačnosti*

Stepen povezivanja	Položaj puta u prostoru	
	Vangradski	Gradski
Kretanje	Vezni	Primarni vezni
		Sekundarni vezni
	Sabirni	Primarni sabirni
		Sekundarni sabirni
Pristup	Lokalni	Lokalni

Izvor: [L. 11]

Kontrola pristupa na putevima pod nadležnošću države povezana sa funkcionalnom podelom puteva u državi Idaho je regulisana pravilnikom od strane njihovog Ministarstva sa oznakom IDAPA 39.03.42. U sledećoj tabeli je prikazano kako je izvršena povezanost višeg nivoa funkcije puta sa potrebom za većom kontrolom pristupa, pri čemu je u ovoj državi opredeljenje da postoji šest klasa pristupa.

Tabela 2. *Povezanost funkcije puta i kontrole pristupa u državi Idaho*

Viši stepen kontrole pristupa ⇩

TIP PRISTUPA	VANGRADSKA FUNKCIONALNA KLASA	GRADSKA FUNKCIONALNA KLASA
I	Primarni sabirni putevi Sekundarni sabirni putevi	
II	Sekundarni vezni putevi	Sekundarni vezni putevi Sabirni putevi
III	Primarni vezni putevi	Primarni vezni putevi
IV	Primarni vezni putevi*	Primarni vezni putevi*
V	Međudržavni	Međudržavni

⇩ Viši rang

*višetračni kolovozi

Izvor: [L. 12]

3.3. Republika Srbija

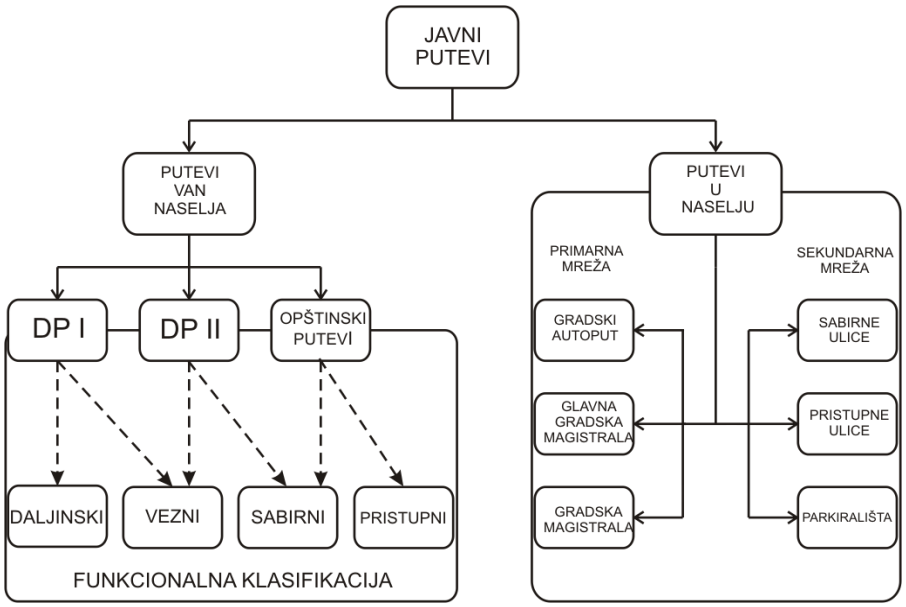
Prema važećem Zakonu o javnim putevima [Sl. Glasnik PC br. 10/2005, L 3], kategorizacija puteva prema njihovom okruženju slika 3., odnosno položaju i prostoru je izvršena na sledeći način:

- putevi van naselja,
- putevi u naselju.

Putevi van naselja su dalje podeljeni u dve osnovne klase: državni putevi (u nadležnosti Republike Srbije, odnosno J.P. „Putevi Srbije“) i opštinski putevi koji su u nadležnosti lokalne samouprave slika 3. Državni putevi se zatim, zavisno od uloge u mreži, klasifikuju na sledeći način:

- Državne puteve I reda (ovi putevi povezuju celokupnu teritoriju države i povezuju državu sa mrežom evropskih puteva, odnosno deo su mreže evropskih puteva);
- Državne puteve II reda (njima su povezane teritorije jednog ili više regiona i povezuju region sa mrežom državnih puteva I reda, putevi koji povezuju turistička i pogranična područja državnog značaja i granične prelaze sa mrežom državnih puteva);
- Opštinske puteve (putevi koji povezuju područja opštine, odnosno grada i povezuju opštinu odnosno grad sa mrežom državnih puteva I i II reda).

Na slici 3. Pored navedene administrativne podele, usvojen je koncept funkcionalne klasifikacije navedenih vangradskih puteva [L. 8]. Na ovaj način bi se uspostavila njihova uloga saglasno funkciji u mreži puteva i odgovarajućim funkcionalnim i tehničkim osobenostima.

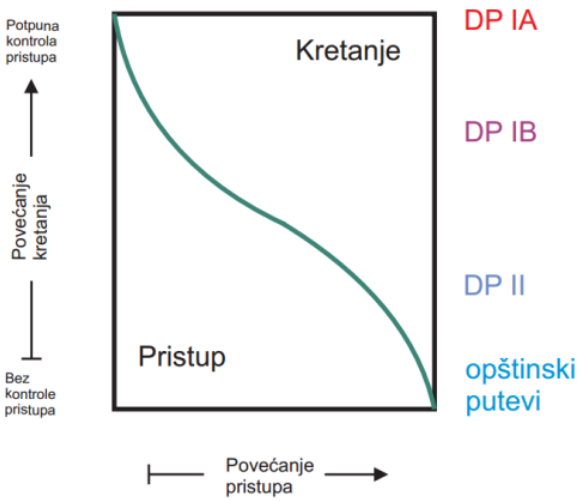


Slika 3. *Opšti koncept kategorizacije i klasifikacije javnih puteva*

U skladu sa ovakvim konceptom funkcionalne klasifikacije puteva izgradnja sadržaja pored puta i pristup na put može se dozvoliti samo kod najnižih kategorija odnosno kod pristupnih i sabirnih puteva uz osmišljeno regulisanje njenog intenziteta, vrste i prostornog položaja da put ne bi nekontrolisano prerastao u ulicu. Kod viših kategorija puteva, ivična izgradnja se po pravilu zabranjuje dok se pojedinačne lokacije razvijaju samo sa sadržajima koji pružaju usluge korisnicima puta (tzv. prateći sadržaji puta) uz punu kontrolu njihove učestalosti takođe prema predloženoj funkcionalnoj klasifikaciji.

Pojedine lokacije se mogu priključiti uz strogu kontrolu jer svaki priključak vremenom pretenduje da preraste u površinsku raskrsnicu. Kod pristupnih puteva, čija je osnovna uloga opsluživanje lokacije, može se dozvoliti relativno slobodno priključivanje duž deonice. Kod svih ostalih kategorija potrebno je stalno pooštravanja uslova direktnog priključivanja, odnosno neophodno je da se te veze ostvaruju jedino preko raskrsnica sa putevima nižeg ranga.

Podelom državnih puteva na puteve I (A, B) i II reda, stvorila se osnova za donošenje novih zakonskih odredbi koje bi jasno uredile na kojim putevima bi se maksimalno ograničio broj pristupa. Na Slici 4. Grafički je prikazan odnos kretanja na glavnom pravcu i pristupa sa predlogom veze sa novom kategorizacijom puteva u R. Srbiji.



Slika 4. *Odnos kretanja na glavnom pravcu i kontrole pristupa*

4. UTICAJ KONTROLE PRISTUPA NA EFIKASNOST I BEZBEDNOST

Prilikom razmatranja uticaja kontrole pristupa na uslove u saobraćajnom toku posmatraju se dva aspekta: uticaj na bezbednost saobraćaja i uticaj na efikasnost, tj. Na osnovne parametre saobraćajnog toka kao što su brzina, protok i vreme putovanja, odnosno Nivo Usluge deonice.

4.1. Uticaj broja pristupa na efikasnost

Uticaj broja pristupa po najčešće korišćenom priručniku za utvrđivanje kapaciteta i Nivoa Usluge – HCM 2010 u direktnoj je vezi sa klasifikacijom dvotračnih puteva i parametrima za utvrđivanje Nivoa Usluge.
Ovaj uticaj se manifestuje kroz smanjivanje bazne vrednosti slobodne brzine (V_{SL0}) u zavisnosti od broja priključaka po milji (Tabela 3.).

Tabela 3. *Uticaj broja pristupa na Slobodnu brzinu (f_A)*

Broj pristupa po milji za oba smera	Smanjenje Slobodne brzine (mi/h)
0	0,0
10	2,5
20	5,0
30	7,5
40	10,0

Izvor: [L. 1]

U daljem tekstu, biće prikazani rezultati uticaja broja pristupa na parametre saobraćajnog toka. Prema [L. 5] postoji direktna veza između procentualnog produženja vremena putovanja na glavnom pravcu i broja vozila koja sa jednog pristupa skreću desno na glavni pravac, ove vrednosti su prikazane u Tabeli 4.

Tabela 4. *Produženje vremena putovanja u zavisnosti od broja izlazaka sa pristupa u toku jednog časa*

Broj skretanja desno za izlazak na glavni put (voz/h)	Relativno produženje vremena putovanja (%)
Manje ili jednako 30	2,4
31 do 60	7,5
61 do 90	12,2
Preko 90	21,8

Izvor: [L. 5]

Takođe, prikazana je i zavisnost rastojanja između pristupa i relativnog produženja vremena putovanja (Tabela 5.) za vrednost protoka sa pristupa od 30 voz/h.

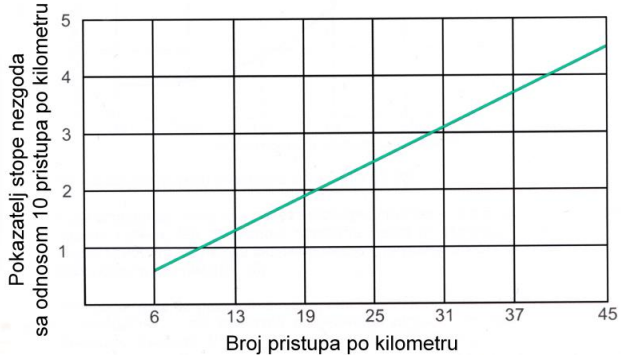
Tabela 5. *Uticaj na produženje vremena putovanja vozila na glavnom pravcu u zavisnosti od rastojanja između pristupa*

Odstojanje pristupa bez saobraćajne signalizacije (m)	Relativno povećanje vremena putovanja (%)
30	27,3
60	14,7
90	10,0
120	7,6
150	6,2

Izvor: [L. 5]

4.2. Uticaj broja pristupa na bezbednost saobraćaja

Osnovna istraživanja usmerena na delovanje kontrole pristupa na bezbednost usmerena su na pitanje u kolikoj meri broj pristupa po jedinici dužine utiče na broj nezgoda. Rezultati istraživanja koja su vršena u USA i Španiji prikazani su na sledeće dve slike.



Slika 5. *Povećanje broja nezgoda sa rastom broja pristupa u USA*
Izvor: [L. 4]

Podaci dobijeni u ovim i nekim sličnim istraživanjima (USA) ukazuju da povećanje od 6 na 13 pristupa po kilometru povećava stepen nezgoda za 30%. Međutim, ova povezanost varira sa razlikom u karakteristikama puta, projektnih brzina, i veličine saobraćajnih zahteva na pristupima i raskrsnicama. Slična istraživanja povezanosti broja pristupa i nezgoda su vršena i u Španiji i rezultati su prikazani na slici 6. [L. 6]. Razlika u odnosu na rezultate istraživanja u SAD-u, gde odnos ima linearnu raspodelu, odnos broj pristupa – broj nezgoda je u početnom delu nelinearan. Direktni zaključci jesu da je primetan progresivan rast nezgoda za gustinu veću od 1,5 pristupa po (km). Pored ovih istraživanja u državi Kolorado [L. 7], ispitivane su nezgode koje su izazvane manevrima vozila na pristupima vangradskih puteva. Rezultati ove studije su pokazali da je njihovo učešće u ukupnom broju nezgoda čak 50-60%. Na osnovu toga izveden je opšti zaključak da, za smanjenje stopa nezgoda na glavnim vangradskim putevima broj pristupa mora biti ograničen i njihova pojava, odnosno izgradnja strogo kontrolisana.

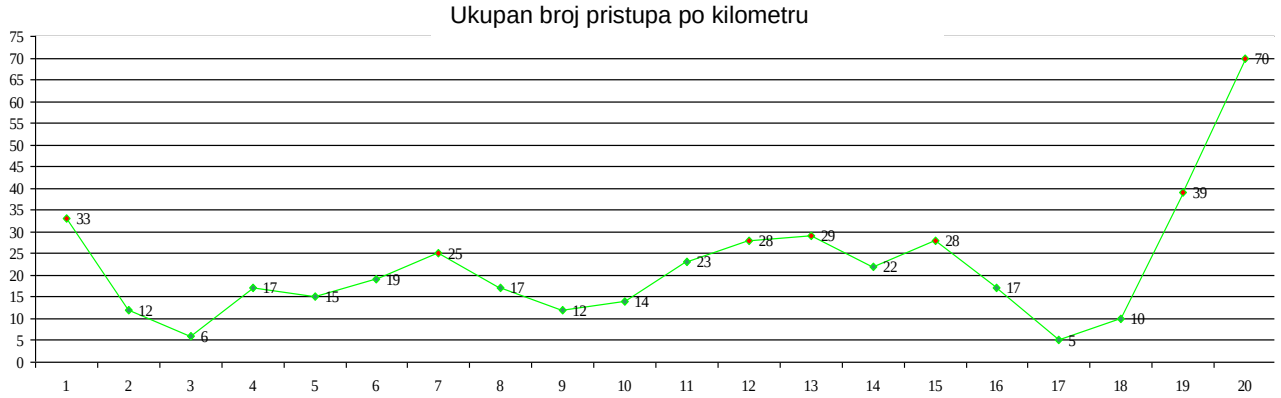


Slika 6. *Povećanje broja nezgoda sa rastom broja pristupa u Španiji*
Izvor: [L. 6]

5. KONTROLA PRISTUPA U REPUBLICI SRBIJI

Generalna istraživanja, koja su vršena u Republici Srbiji, ukazuju da se na nivou cele državne putne mreže gustina legalnih i ilegalnih pristupa kreće u rasponu od 2 do 4 pristupa po kilometru dužine. U neposrednoj blizini naseljenih mesta, gustina pristupa, kao posledica kontinualne ivične izgradnje, raste do vrednosti od 40 do 50 pristupa po kilometru. Inicijalna istraživanja na 5 deonica DP IA2 Beograd - Lazarevac ukazala su na smanjenje eksploatacionih brzina u rasponu od 25 – 45 (km/h) sa neadekvatnim Nivoom Usluge i značajno povećanim brojem saobraćajnih nezgoda. Višedecenijsko nepostojanje upravljanja kontrolom pristupa i nepoštovanje važećih pravilnika pretvorilo je ovaj potez na pojedinim delovima u put najnižeg ranga.

Minimalna ili nikakva kontrola pristupa, ugrožen i neadekvatan nivo usluge, smanjene brzine toka i neprihvatljiv broj saobraćajnih nezgoda, veliki eksploatacioni troškovi korisnika, prema prvim generalnim istraživanjima karakteristika su 25 - 30% mreže državnih puteva Srbije. Sa uvođenjem nove kategorizacije puteva u Republici Srbiji, odnosno podelom državnih puteva na puteve IA, IB i II reda, stvorila se osnova za donošenje novih Pravilnika koji bi jasno uredili na kojim putevima bi se maksimalno ograničio broj pristupa. Samim tim otvorilo bi se i bolno pitanje kako rešavati postojeće stanje u ovoj oblasti.



Slika 7. *Ukupan broj priključaka po kilometru na posmatranoj deonici DP IA2 Beograd - Lazarevac*

6. ZAKLJUČAK

Za razliku od inostranih iskustava i prakse, u našoj zemlji, ovaj suštinski važan elemenat upravljanja u velikoj meri je izgubljen iz vida na svim nivoima, od razmatranja na nivou planiranja, preko projektovanja pa do eksploatacije putne mreže svih rangova. Odsustvo racionalne kontrole pristupa predstavlja jedan od bitnih razloga relativno lošeg kvaliteta usluge putne mreže u našim uslovima, kroz smanjenje brzine, protoka, bezbednosti, itd.

Ako se osvrnemo na novu kategorizaciju putne mreže R. Srbije, možemo uočiti da je ona na nivou svetskih standarda, u kojoj je, kao i u najrazvijenijim zemljama, uvedena jasna podela puteva u odnosu na njegovo okruženje (van naselja/u naselju).

Kontrola pristupa u svetu je podjednako zastupljena i na vangarskoj i gradskoj putnoj mreži, gde gradska mreža ima zanimljiva projektna rešenja koja imaju za cilj povećanje efikasnosti i bezbednosti. Vangradska mreža, koju po funkcionalnoj klasifikaciji delimo na daljinske, vezne, sabirne i pristupne, ima potrebu za drugačijim rešenjima, odnosno većoj kontroli pristupa. Na vangradskoj mreži zbog većih brzina kretanja i većoj protočnosti postoji jasan cilj u zaštiti glavnog pravca radi očuvanja njegove uloge - funkcije u putnoj mreži države. Kategorije koje su najugroženije u našoj državi su upravo daljinski i vezni putevi, koji zbog svog položaja i uloge privlače ivičnu gradnju, koja svojim kumulativnim uticajem u toku dužeg vremenskog perioda u potpunosti menja okruženje posmatranog puta.

Sa aspekta kontrole prisupa, odnosno upravljanja kontrolom pristupa, na osnovu istraživanja uticaja broja pristupa na sve aspekte saobraćajnog toka (efikasnost i bezbednost) i njihovog velikog broja na mreži najvišeg ranga u našoj zemlji, postoji jasna potreba za urgentnom izradom pravilnika o kontroli pristupa.

Iz svega toga i prikazanih rezultata inostranih istraživanja, možemo uočiti potrebu ugrentnog istraživanja uticaja broja pristupa na bezbednost i Nivo Usluge u našim uslovima. Dakle, potrebno je sprovesti istraživanja koja će kao rezultat dati vrednosti uticaja broja pristupa na smanjenje brzine na glavnom pravcu i bezbednosti saobraćaja, i stvoriti analitički instrumentarij za primenu u postupcima za analizu Nivoa Usluge i kapaciteta u našim uslovima. S obzirom da kod standardnog slučaja u postupku za proračun kapaciteta dvotračnih puteva, na brzinu pri kapacitetu utiču širina saobraćajne trake, udaljenost bočnih smetnji i neravnomernosti toka po smerovima postoji potreba da se u obrazac uključi još jedan faktor koji će predstavljati uticaj broja pristupa. Takođe, fokusirana istraživanja uticaja broja pristupnih tačaka na bezbednost saobraćaja otvorila bi zajedno sa prethodnim novi i naučno zasnovan put saobraćajnim inženjerima da nizom racionalnih i niskobudžetnih mera u fazama rekonstrukcije i rehabilitacije postojeće putne mreže značajno povećaju efikasnost i bezbednost saobraćaja.

Literatura

[1] ”Highway Capacity Manual” HCM 2010, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2010.
[2] Highway Functional Classification System For the state of Rhode Island 2005-2015 Department of Administration Rhode Island, USA, 2005., www.planning.ri.gov
[3] Zakon o javnim putevima, Sl. glasnik RS br. 101, 2005.
[4] Access Management Manual, Transportation Research Board Washington, D.C., USA. 2003., www.trb.org
[5] Rose, D., Gluck, J., Demosthenes, P., Review of SDDOT's Highway Access Control Process Bellevue, WA USA, 2000., www.state.sd.us
[6] Pardillo, J., Liamas, R., Relevant Variables for Crash Rate Prediction in Spain's Two Lane Rural Roads, Paper #03-2796, Madrid, Spain, 2003., www.ltrc.lsu.edu
[7] Access Management and Cingestion Prevention Regulations in Licking Country Colorado, USA, 2004,. www.Icountry.com
[8] Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta, Službeni glasnik RS, br.50/2011 od 8.7.2011.
[9] Demosthenes, P., Access Management Policies: An Historical Perspective, International Right-of Way Association Conference, Albuquerque NM, USA, 1999., www.accessmanagement.gov
[10] Functional Classification of Highways North Carolina, USA, 1989., www.ncdot.org
[11] Garrick, W. N., Kuhnimhof, T., Street Design and Community Liveability Proceedings of Urban Transportation, Cambridge, UK, 2000., www.engr.uconn.edu
[12] State Highway Access Control Administrative Policy A-12-01, Idaho Transportation Department, Idaho, USA, 2001., www.itd.idaho.gov

DETECTION OF VEHICLE-BORNE HAZARDS WITH ROADSIDE EQUIPMENT

Christoph Seewald, SICK AG
[1] SICK AG. Waldkirch, Germany

Othmar Lackner,
SICK GmbH, Wiener Neudorf, Vienna

Abstract: Various hazards can be caused by vehicles passing by or driving through tunnels or bridges or other civil structures along or on roads. While in the last decades major achievements were reached regarding driver's safety and behavior – mostly by new technologies and solutions inside vehicles – there has not been too much progress when looking at roadside equipment to make roads saver. However, some hazards like too hot axles or too wide dimensions can't be detected or prevented with in-vehicle equipment or at least not with today's in-vehicle equipment. This paper gives an insight of some of the possibilities to detect such hazards with roadside equipment. It focusses on optical detection methods. Most of these methods have been in use for a few years so that also some brief facts from evaluation about these systems are given.

Keywords: Dangerous vehicles, optical detection, free flow, roadside equipment, over heated vehicles, over sized vehicles

1. INTRODUCTION

Since decades there has been large improvement regarding vehicle safety with safety measures on board. The public awareness of the necessity and possibilities for such improvements started long ago – at least since Ralph Nader's famous book "Unsafe at any speed" [6] back in 1965. On the other side the safety improvements of infrastructure were far behind those inside the cars. Until the 1980's, the improvement in infrastructure was more or less limited to better lay-out of roads and to better materials. Then in the 1990's more and more ITS systems were deployed in infrastructure which improved safety and convenience of roads. Very rarely roadside systems were installed which used advanced technology to detect and prevent hazards from vehicles. In the last decades more and more such systems were developed and became mature. However, they are still only exceptionally deployed. The following chapters want to show some basics and availabilities of such systems and encourage planners and operators of road infrastructures to consider their use if appropriate.

2. OVERVIEW OF VEHICLE-BORNE HAZARDS

2.2. List of vehicle-borne hazards

Depending on the scenario we look at, there are many different kinds of vehicle-borne hazards, starting from too high or too wide vehicles and not ending at hazards stemming from drivers who had consumed any kind of drugs. Table 1 shows a list of hazards which are purely vehicle-born (not driver-borne). It is for sure not a fully comprehensive list but shows quite some which are difficult to detect with today's in-vehicle equipment or for which such equipment is not affordable for the majority of vehicle owners. So today's most appropriate solution is to use roadside equipment at strategic relevant locations.

Table 1. *List of vehicle-borne hazards*

Type of hazard	Probability	Damages	Commonly used roadside detection methods
Technical faults or mistakes			
Too high vehicles	High	Material damage. Very high Damage to persons: medium Economic damage[1)]: high	• (Twin) photo switch • Laser scanners
Too wide or long vehicles	High	Material damage: high Damage to persons: medium Economic damage[1)]: high	• Laser scanners or single beam scanners
Non-functioning brakes	Very high	Material damage: high Damage to persons: high Economic damage[1)]: high	• Handheld infrared cameras • Possible in future: Laser scanners + temperature imaging (usually infrared)

Non-functioning vehicle lights	Very high	Material damage: medium Damage to persons: high Economic damage[1)]: high	• Today not checked with laser scanners • Possible in future: Laser scanners + grayscale or colour imaging
Too hot vehicles or vehicles on fire	Low	Material damage: very high Damage to persons: very high Economic damage[1)]: very high	• Laser scanners for 3D modelling + temperature imaging (usually infrared)
Worn-out or not well inflated tires	Very high	Material damage: high Damage to persons: high Economic damage[1)]: very high	• Laser line projection with tilted high speed cameras (triangulation)
Overloaded vehicles	High	Material damage: high Damage to persons: medium Economic damage[1)]: very high	• Weigh in motion systems (piezo or resistive wire strains)
Damages of suspension or other important parts of vehicles	Medium	Material damage: high Damage to persons: high Economic damage[1)]: high	• None of the authors knows any systems for such automatic inspections
Load not properly fixed	High	Material damage: medium or high Damage to persons: can be very high Economic damage[1)]: high	• None of the authors knows any systems for such automatic inspections • For load which is already not at proper position anymore and sticks out of the maximum allowed dimensions, a system based on laser scanners (TOF) could be used
Special hazards from failure-free operation:			
Dangerous Goods on board	High		• OCR (Optical Character Recognition), often combined with 3D modelling via laser scanners for sufficient read rate / low wrong reads.

1) Economic damage mainly caused by road closure and traffic congestion

Source: SICK AG

2.2. Damages caused by these hazards

2.1.1. Damages by too high vehicles

In case of incidents with involvement of too high vehicles, the damages are usually very obvious and highly visible: Damaged bridges, tunnels, electromechanical equipment, etc. . A lot of pictures of such accidents can be seen on Internet search machines. Even in highly developed countries, there are quite some cases where too high vehicles have damaged or even completely destroyed bridges.

Two of the latest cases:

a) On 13th January 2014 a truck carrying an excavator crashed into a bridge going across highway A1 near Birmerstorf in Switzerland. This one was the first event of this kind which for which a short movie taken by a car-camera (see [1]) is available. The bridge was severely damaged and will be re-built in 2015.



Figure 1. *Damaged bridge on Siwss highway A1 near Birmerstorf*
Source: http://www.youtube.com/watch?v=QK0D1GAmvYA

b) A semi-trailer truck loaded with an excavator (note: actually a flat-bed truck is mandatory for such transports in Germany) crashed into two bridges of the highway BAB A5 near Heidelberg in Germany. The two bridges were only roughly 10m apart from each other and steel structures. At least the first bridge was lifted for several centimeters. Both bridges couldn't be used anymore and had to be removed within few days. Physical damages accounted to more than 0.5 million Euro.



Figure 2. *Damaged steel structure at BAB A5, near Heidelberg*
Source: http://www.youtube.com/watch?v=ml8KFod0nHA

2.1.2. Damages caused by too wide or too long vehicles

In opposite to the damages caused by too high vehicles, the damages caused by too wide vehicles are more hidden and more indirect. There are two main areas: a) Roadside equipment is pulled down (e.g. from tunnel walls or vertical parts of gantries) and b) accidents caused by too wide or long vehicles. Unfortunately, the authors couldn't find any global statistics for such damages. However, from one of the road authorities in the Alps an estimation was given that per year and km of tunnel a physical damage of around 30 to 50 thousand Euro occurs.

2.1.3. Damages caused by faulty brakes or by bad tires

These two technical defects are the main technical defects which cause traffic accidents. For this reason, both have been put together in this chapter. In Germany technical defects have been the reason for roughly 9 to 10% of all accidents with fatalities or injured persons in the years 2009 to 2012 (see [3]). Roughly half of these technical defects were either defective breaks or tires, so that roughly 4 to 5% of these accidents were caused by these two technical defects. Taking into account that in Germany the economic damage of traffic accidents with damage to persons is in the range of 30 to 35 billion Euro per year, the defects of these two types account for an economic damage around 1.2 to 1.8 billion Euros per year.

2.1.4. Damages caused by faulty vehicle lights and other technical defects like not properly fixed load, defective suspension, etc.

There are few statistical data about accidents which occurred due to such kind of technical defects. From the table in [3] it can be seen that approximately half of all accidents caused by technical defects are not caused by defective brakes or bad tires. So the remaining part will be by such kinds of defects.

2.1.5. Damages caused by too hot vehicles or vehicles on fire

Fortunately, there are very few vehicles on the road which start to burn. So the probability of such damages is very low. However, if this happens inside a tunnel structure, the resulting damages can be very severe as could be seen in the very famous tunnel fires in Mt. Blanc tunnel or Gotthard tunnel in the years 1999 and 2001.

The direct damages of these two tunnel fires accounted for 50 fatalities, nearly 3 years tunnel closure in Mt. Blanc and nearly 3 months tunnel closure in the Gotthard tunnel – one of the main transport routes within Europe. A quite comprehensive list of tunnel fires can be found in [5].

2.1.5. Damages caused by overloaded vehicles

Heavy trucks and particularly overloaded trucks are the main reasons for road wear. A truck can account for the road wear of between 1,000 to 100,000 cars. The total amount of costs for repairing roads are very different in individual countries. No further details or statistics are given here as the detection of overloaded vehicles is not subject of the next chapter.

3. ROADSIDE DETECTION SYSTEMS FOR VEHICLE-BORNE HAZARDS

In the following sub-sections there are shown some possibilities for detecting dangerous vehicles in free flow traffic. Due to the core competencies of the writers mainly optical methods are shown. As not for all hazards there are right now solutions for automatic detection in free-flow, only following topics are mentioned:

- Detection of too high vehicles,
- Detection of too wide or too long vehicles,
- Detection of worn or low pressure tires,
- Detection of too hot vehicles or vehicles on fire,
- Detection of defective brakes.

3.1 Detecting too high vehicles

3.1.1 Twin photo switch for detecting too high vehicles

For detection of too high vehicles in free flow traffic, a very common approach is to use high power, outdoor photo switches. A typical set-up is shown in figure 3. Any too high vehicle interrupts both beams sequentially – or if the too high part of the vehicle is long enough also both light beams simultaneously. A small but fast controller (typically PLC) evaluates the signal of the two photo switches and suppresses any object like leafs or birds which do fly through one beam only or in wrong direction. The photo switches are aligned anti-parallel so that the light of one receiver can't reach the receiver of the adjacent photo switch. This way cross-talk can be completely avoided.

Some important facts should be always considered when designing-in such a solution:

- The light beam diameter should be quite big (several mm to cm) in order to make the detection robust against any inclement weather situation. A wide beam can look "around" small drops or snow flakes while very thin beams (laser like) would give an alarm even from small droplets. As usually only parts bigger a few centimeters should give an alarm, the wider beam is even a kind of pre-selection for this purpose.
- The photo switch should have a very high light intensity and still be functional even the light is reduced due to fog or other weather impact down to only very few percent of it's maximum value. This means that whenever possible a "one-way" photo switch (sender and receiver at opposite sides of the road) should be used. Systems consisting of a transceiver at one side and reflector at the other side of the road will always have insufficient light intensity and be very susceptible to weather impact.

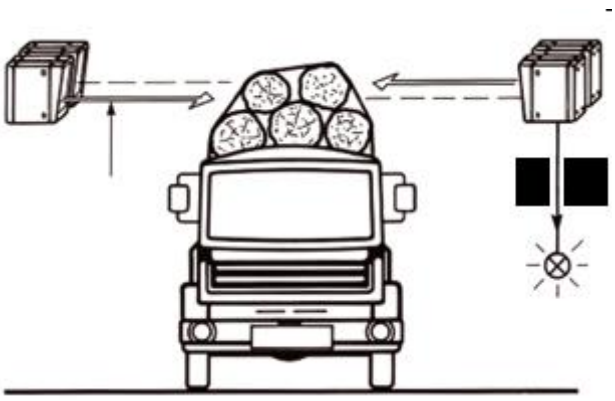


Figure 3. *Typical set-up of redundant photo switches for detection of too high vehicles*
Source: SICK AG, Product Information HISIC450, 8006247

3.1.2 Laser scanners for detection of too high vehicles at free flow traffic

Laser scanners are widely in use for detection, separation and classification of vehicles in electronic tolling or traffic management systems (see figure 4). Mostly they are installed at a gantry or bridge and looking downwards. By measuring the distance to the nearest target at different angles (typical resolution in traffic is around 0.5°) a shape of a vehicle is derived. The spots measured on the vehicle do have a certain distance which depends on the speed of the vehicle and the scanning frequency. A typical distance between two scans is 30 to 40cm. This means that for full speed such measurement systems can only detect parts of vehicles which are longer than this distance.

3.1.3 Usage of such systems for detecting too high vehicles

Systems consisting or two anti-parallel photo switches are widely in use in front of tunnel structures where a high physical and economic damage in case of too high vehicles can occur. However, they are not very often used for protection of bridges. Main reason is the high number of bridges and the many access- or intersecting points. Too many of them must be equipped in order to protect such kind of infrastructures. Laser scanning technology is mainly used if there is anyway such kind of system installed and the resolution of such a system (minimum object size which can be detected) is sufficient.

The performance of systems based on photo switches is very satisfying as long above mentioned design factors were considered.

3.2. Detecting too wide or too long vehicles

To detect too wide vehicles in free flow traffic at full speed is today hardly possible with sufficient accuracy. Therefore, in most cases two systems are used: One pre-selection system which works at full speed in free flow traffic and one off-road system where the vehicles drive through in slow speed but measurement results with high accuracy are provided.

3.2.1 Pre-selection of over-sized vehicles

For pre-selection of over-sized vehicles it is quite common to use a laser scanner system which provides rough data about vehicle dimensions: Height, width and length. Figure 6 shows such a typical system. Whenever this system detects a vehicle which's dimensions come close to one of the maximum dimensions or even exceeds them, this vehicle has to leave the main road and is being measured with a highly accurate system described in next section.



Figure 4. *Laser scanner based system for estimation of vehicle dimensions in Free-Flow at full speed*
Source: SICK AG, Product Information TIC102

3.2.2 Precise dimensioning of trucks

At slow speeds (typically 5 to 10km/h), a system of laser scanners can be used for a quite precise dimensional check of the trucks. As this kind of system internally does use a 3D-model of the truck anyway, this 3D-model can also been put out and been used for easy visualization. This way, the parts of the vehicles which are oversized can be marked in specific colours (see figure 5). Accuracies for width and height are in the order of magnitude of a few cm (some even down to 10mm). The maximum error in length is a little bit more – today's possibilities around 10cm or more. A typical set-up is shown in figure 6. Two scanners

looking from the side take the profile and the one at the front measures the speed and position of the truck while driving through.

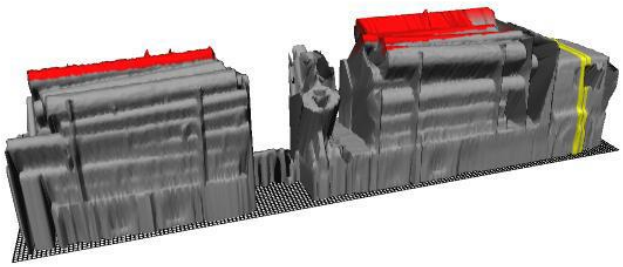


Figure 5. *Visualization of a too wide truck based on 3D point cloud derived from laser scanners*
Source: SICK AG

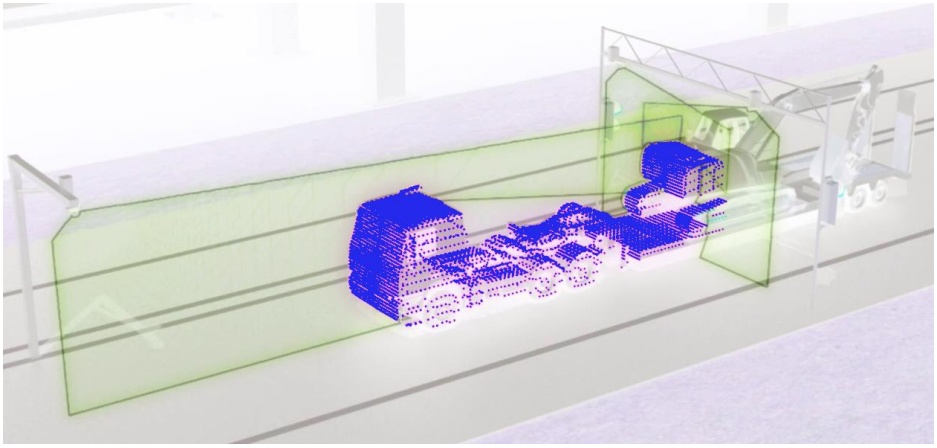


Figure 6. *Typical set-up of three laser scanners for precise dimensional measurement of trucks*
Source: SICK AG

3.2.3 Usage of dimensional measurement systems for trucks

Today the installed base of highly precise dimensioning systems for trucks is still not very big. Most systems in use today are installed for enforcement reasons. This requires the ability for certification of such systems according to each country's specific national regulations. In future, the need for such systems might increase significantly due to new regulations from the European Community. The European Economic and Social Committee has expressed it's opinion on new rules regarding maximum dimensions and weight of vehicles circulating in the community (see [4]) and has expressed that weight-in-motion systems are probably the best way to enforce these maximum weights. Automatic dimensioning wasn't mentioned in this document due to the fact that this has not been a very well known technology up to now. .

3.3 Detecting worn or low pressure tires

To detect vehicles with worn tires or tires with too low pressure in free flow traffic is technically very challenging. However, there has been an approach with very high-end high speed cameras and laser line projectors.

3.3.1 High speed cameras with laser line projectors for finding worn or not well inflated tires

Today's high speed cameras can take up to 30,000 images a second or even more. They are widely used in industry and robust in industrial environment. Together with a laser line projector, it is possible to get a cross-sectional, dimensional measurement out of each image taken. This can be done below surface (see figure 7) in order to get the cross-sectional shape of a tire driving above the measurement location. From these cross-sectional measurement data it can be derived whether the tire has sufficient tread and in case the type of tire is known if the tires pressure is within tolerance or not.

Today's systems using this technology are designed for slow speed but technically it would be possible to design such systems also for free-flow in full speed.



Figure 7. *Laser line projected on a tire and viewed under a certain angle -> showing ability to check tread reserve*
Source: ProContour GmbH



Figure 8. *Box containing high speed camera, swivelling mirror, laser line projector, etc. mounted below road surface*
Source: ProContour GmbH

3.3.2 Usage of high speed cameras for detecting bad tires

Today very few of such systems are installed. They are installed only at places where trucks are moving with slow speed. Main purpose was to help to make fleet management and tire management easier for the road freight transport industry. In addition, some of these systems are installed at garages taking care of premium car brands. To the author's knowledge, none of those systems has up to now been used for any kind of enforcement.

Due to patent issues and the inability to find one of the big tire manufacturers as a partner, such systems are right now not built anymore. The only company who built such equipment is not active anymore. However, such systems have been tested and did work in principle.

3.4. Detecting too hot vehicles or vehicles on fire

3.4.1 Free flow Vehicle Hot Spot Detection

An automatic detection of hot spots on vehicles at normal speed in free-flow traffic for 100% inspection of all vehicles requires multiple technologies and advanced software algorithms. With the solution shown in figure 9 each vehicle is measured geometrically using laser measurement sensors. Based on this data a 3D model of each vehicle is generated and the vehicle is classified in one of 28 vehicle classes. Infrared cameras

measure the temperature from both sides. The temperature values are combined with the 3D data of the vehicle to generate a 3D thermal model (see figure 10).



Figure 9. *Gantry for detecting hot spots on vehicles when passing by near Airolo*
Source: SICK AG

The 3D model is analyzed and segmented via advance algorithms. Each component of the truck such as load, exhaust system or wheels, is identified and its temperature is compared to the individual temperature threshold values designated for each respective vehicle component Distinguishing different vehicle components allows sensitive alarming with a minimum number of false alarms. For instance, in case of a motor coach, the engine is located to the rear of the vehicle. Thanks to the classification, the software knows it is dealing with a bus and that the increased temperature at the rear, caused in this vehicle by the engine, is completely normal. In the area on and around the wheels, too, dangerous overheating may occur, caused by defects of the bearings or the brakes, though in some cases also due to improper use of the braking system.



Figure 10. *Typical print screen from GUI of a vehicle hot spot detector.*
On the left columns: Vehicle class, dimensions and temperature of each vehicle component.
Center columns: Overlay of 3D-model and temperature image in the top and pure temperature image at the bottom.
Right column: gray scale images
Source: SICK AG

3.4.2 Usage of Vehicle Hot Spot Detection systems

Vehicle Hot Spot Detection in free flow traffic at normal speed is today installed at two tunnels: At the Gotthard tunnel in Switzerland and at the Karawanks tunnel between Austria and Slovenia. Both systems did go live in 2013. At the Mt. Blanc tunnel an older system was installed in 2006 where the trucks have to stop at a remote location and then are inspected for hot spots. Most of new tender designs today apply the newer technology being able to inspect 100% of all vehicles at normal speed.

3.3 Detecting defective brakes

Today, there is no fully automatic solution for that purpose. In some countries police starts to use thermal imaging solutions to detect different temperatures of axles. In case there are axles which do have significantly lower temperature than the other axles of the same vehicle this is a very clear indication that the brakes at this axle are defective. This is mainly done with handheld devices. However, it would be technically possible to implement such functions also in the above mentioned Hot Spot Detection system but up to now this requirement wasn't raised by the market.

4. RESULTS

Table 1. *List of vehicle-borne hazards*

Detection system	Detection method and results
Detection of too high vehicles	Twin photo switch: In use since very many years with high detection rate and low false alarm rate in nearly all weather conditions Laser scanning solutions: Good detection rate of large objects. Limited resolution, depending on vehicle speed and laser scan frequency.
Detection of too wide or too long vehicles	Vehicle profiling system based on laser scanning technology: In free-flow traffic a pre-selection is possible. For more precise and certifiable solutions, off-road systems are in use. In countries with high penalties for over-sized vehicles, like in Switzerland, the pay-off time for a new plant with this system can be shorter than one year.
Detection of worn or low pressure tires	Systems based on high speed camera and laser line projection were installed in some pilot installations. Today there is no standard solution. The results of the pilot installation however gave evidence that such solutions can be done and also work under various weather conditions.
Detection of too hot vehicles or vehicles on fire	Systems for that purpose are in operation at two locations today and checking 100% of all heavy goods vehicles. For protection of very long tunnels, further such systems are designed-in. The false alarm rate depends on the temperature limit values for each vehicle component. This can be adjusted to the local requirements (e.g. low thresholds in case a false alarm is not heavily congesting traffic)
Detection of defective brakes	Such systems are basically today limited to handheld cameras. In future an automatic solution could be possible if market demand for that justifies development efforts.

Source: SICK AG

6. CONCLUSION

From above results it became clear that many of the detection systems can be easily deployed at new and refurbished road structures. Some are already being used since many years, like the twin photo switches for the detection of too high trucks, but some are still very new, like the Vehicle Hot Spot Detection system. Important for planning new road infrastructure or refurbishment is to know that such systems are available. In all cases a risk assessment should be carried out and the benefit and risk reduction of such systems should be estimated. For tunnel structures there has been a lot of progress regarding risk assessment – particularly based on the EU Directive 2004/54 [7] which gives clear rules about risk classes. However, also for other road infrastructure a risk assessment should be done and based on this it can be decided whether and what kind of detection and prevention systems must be deployed at this road. From a proper risk assessment also the economic benefit of such detection systems can be derived and so it can became clear that solutions which seem to be very expensive in investment can possible pay-off during life time multiple times.

References

[1] Tagesanzeiger Zürich, Issue of 13th of January 2014. available at:
http://www.tagesanzeiger.ch/panorama/vermischtes/Leserreporter-filmte-BaggerUnfall-auf-A-1/story/28816061
(13.01.2014)

[2] Rheinneckar Blog, available at:
http://www.rheinneckarblog.de/07/viele-schutzengel-bei-verkehrsunfall-auf-der-a-5/8417.html
(07.04.2014)

[3] Statistisches Bundesamt, German, table “”Ursache von Unfällen mit Personenschäden”. available at:
https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen/UrsachenPersonenschaden.html
(checked in March 2014)

[4] Opinion of the European Economic and Social Committee on the ‘Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorised dimensions in national and international traffic and the maximum authorised weights in international traffic’. available at:
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013AE4581&qid=1396205628429&from=EN
(11th July 2013)

[5] Section “2.3. Experience from past tunnel incidents” of Road Tunnel Manual, PIARC, online available at:
http://tunnels.piarc.org/tunnels/ressources/1/53,2006-05.16.B-Table-2.1.pdf
(checked in March 2014)

[6] Nadar, R. 1965. *Unsafe at any speed.* Grossman Publishers, USA. 277p.

[7] Directive 2004/54/EC of the European parliament and of the council. online available at:
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1396266683477&uri=CELEX:02004L0054-20090807
(29th April 2004)

ZAŠTITA OD POŽARA U TUNELIMA

Zorana Sekulović, dipl.inž.maš.[1], Mr Dragan Sekulović, dipl.inž.maš.
[1] Cepting d.o.o., Gandijeva 76a, Novi Beograd, z.sekulovic@cepting.com

Rezime: *Na osnovu požara koji su se dešavali u tunelima širom sveta može se zaključiti da posledice u ovakvim situacijama nisu nimalo bezazlene, pogotovo kada se uzme u obzir broj ljudskih žrtava koje je vatrena stihija do sada odnela. Posebnu opasnost u tunelima predstavlja činjenica da iz dana u dan raste broj opasnih materija koje se transportuju širom sveta. Na osnovu toga je 30. decembra 2002. god. evropska komisija predložila osnivanje "Trans Evropske mreže Tunela" (skr. TEN-T) i usvajanje određenih normativa na osnovu kojih bi se obezbedio visok stepen zaštite ljudi i materijalnih dobara u tunelima širom evropske zajednice. Primenom odgovarakućeg metoda zaštite od dima, kao i pravilnim dimenzionisanjem puteva evakuacije, u toku faze projektovanja, može se u značajnoj meri samanjiti broj nastradalih.*

Ključne reči: *tunel, kontrola dima, vatrogasno vozilo.*

1. UVOD

Poznato je da tuneli predstavljaju važnu infrastrukturu. Omogućavaju olakšanu komunikaciju između udaljenih oblasti, odnosno transport materijalnih dobara, gotovih proizvoda i drugih stvari. Samim tim oni igraju važnu ulogu u razvoju regiona u kom se nalaze.
Obzirom na sve veći broj tunela kako u svetu tako i kod nas, kao i složenost ove vrste konstrucija a imajući u vidu veliki broj akcidenata koji su se tokom proteklih decenija dešavali došlo se do zaključka da je potrebna detaljna analiza svih parametara koji bi mogli da budu kako uzročnik tako i prepreka u nastanku i širenju požara. Iz tog razloga tuneli su se vremenom izjednačili po ovom pitanju sa ostalim objektima, kako stambenim tako i industriskim.
Posebnu opasnost u tunelima predstavlja činjenica da iz dana u dan raste broj opasnih materija koje se transportuju širom sveta. Njihovim transportom bitno je narušena bezbednost putnika i konstrukcija samog tunela usled destruktivnog delovanja visokih temperetura u slučaju požara.
Na osnovu toga je 30. decembra 2002. god. evropska komisija predložila osnivanje "Trans Evropske mreže Tunela" (skr. TEN-T) i usvajanje određenih normativa na osnovu kojih bi se obezbedio visok stepen zaštite ljudi i materijalnih dobara u tunelima širom evropske zajednice.

2. METODI ZAŠTITA OD POŽARA U TUNELIMA

2.1. Statistika i propisi koji definišu ovu materiju

Na osnovu požara koji su se dešavali u tunelima širom sveta može se zaključiti da posledice u ovakvim situacijama nisu nimalo bezazlene, pogotovo kada se uzme u obzir broj ljudskih žrtava koje je vatrena stihija do sada odnela.
Na primeru nekoliko velikih požara kao što su bili oni u tunelu ispod Mont Blana gde je nastradalo 39 ljudi, zatim u tunelu kod Tauerna gde je nastradalo 12 ljudi ili kod Gotarda gde je nastradalo 11 ljudi vidi se da broj nastradalih nije zanemarljiv.
Direktna odnosno indirektna šteta isto tako je veoma velika. Samo u ova tri požara procena štete zajedno sa obnovom koštala je Evropsku uniju oko 210 miliona eura.
U tabeli 1 dat je kratak prikaz požara koji su se desili u tunelima širom sveta i njihovi uzroci. Može se zaključiti da štete prouzrokovane ovim nesrećama imaju dalekosežne posledice kako na ljude tako i na privredni razvoj i predstavljaju veoma ozbiljan problem u svim zemljama sveta.

Tabela 1. *Statistika*

Godina	Dužina tunela	Mesto Država	Vozilo u kom se desio požar	Najverovatniji uzrok požara	Trajanje požara	Posledice po ljude	Oštećena vozila	Konstrukcija i instalacije
1949	Holland 2 550 m	New York USA	Kamion sa 11 tona karbondisulfida	Eksplozija usled ispadanja tovara iz kamiona	4 časa	66 povređenjih (udisanje dima)	10 kam. 13 auto.	Ozbiljno oštećenje duž 200 m
1974	Mont Blanc 11 600 m	Francuska -Italija	Kamion	Motor	15 min	1 povređen		

[1] z.sekulovic@cepting.com

1976	Crossing BP - A6 430 m	Paris Francuska	Kamion sa buradima sa 16 tona poliesterfilma	Velika brzina	1 čas	12 lakše povređenih (dim)	1 kamion	Ozbiljno oštećenje duž 150 m
1978	Velsen 770 m	Velsen Holandija	4 kamion 2 automobila	Čeoni-stražnji-sudar	1čas 20min	5 mrtvih 5 povreð.	4 kam. 2 auto.	Ozbiljno oštećenje duž 30 m
1979	Nihonzaka 2 045 m	Shitzuoka Japan	4 kamion 2 automobila	Čeoni-stražnji-sudar	159 časova	7 mrtvih 1 povreð	127 kam. 46 auto.	Ozbiljno oštećenje duž 1100 m
1980	Kajiwara 740 m	Japan	1 kamion sa 3600 litara farbe u 200 limenki	Udar u bočni zid sa prevrtanjem		1 mrtav	1 kam. 4t 1 kam. 10t	Ozbiljno oštećenje duž 280 m
1982	Caldecott 1 028 m	Oakland USA	1 automobil, 1 vagon 1 kamion sa 33000 l benzina	Čeoni-stražnji-sudar	2časa 40 min	7 mrtvih 2 povreð	3 kam. 1 vagon 4 auto.	Ozbiljno oštećenje duž 580 m
1982 3. Nov.	Salang 2 700 m	Mazar-e-Sharif - Kabul Afghanistan	Sovjetski vojni konvoj. Najmanje jedan kamion sa benzinom.	Čeoni sudar Uništen rezervoar.		> 400 mrtvih		
1983	Pecorila Galleria 662 m	Gênes Savone Italija	Kamion sa ribom	Čeoni-stražnji-sudar		9 mrtvih 22 povreð	10 auto.	Manja oštećenja
1986	L'Arme 1 105 m	Nice Francuska	Kamion sa prikolicom	Kočenja u velikoj brzini		3 mrtvih 5 povreð	1 kam. 4 auto.	Nešto opreme uništeno
1987	Gumefens 343 m	Berne Švajcarska	1 kamion	Čeoni-stražnji-sudar	2 časa	2 mrtva	2 kam. 1 kombi	Neznatno oštećenje
1990	Røldal 4 656 m	Roldal Norveška	VW transporter sa prikolicomr		50 min	1 povređen		Manja oštećenja
1990	Mont Blanc 11 600 m 11 600 m	Francuska -Italija	Kamion sa 20 tona pamuka	Motor		2 povreð.	1 lorry	Nešto opreme uništeno
1993	Serra Ripoli 442 m	Bologne-Florence Italija	1 automobil + kamion sa rolnama papira	Sudar	2 časa 30min	4 mrtva 4 povređena	5 kam. 11 auto.	Manja oštećenja
1993	Hovden 1 290m	Hoyanger Norveška	Motor 2 automobila	Čeoni-stražnji-sudar	1čas	5 povreð. u sudaru	1 motor 2 auto.	111 m izolacionog materijala uništeno
1994	Huguenot 3 914 m	Južna-Afrika	Autobus sa 45 putnika	Neispravne elekrične instalacije	1čas	1 mrtav 28 povreð.	1 vagon	Ozbiljno oštećenje
1995 10. April	Pfander 6 719 m	Austria	Kamion sa prikolicom	Sudar	1čas	3 mrtva u sudaru 4 povreð.	1 kam. 1 kombi 1 auto.	Ozbiljno oštećenje
1996 18. Mart	Isola delle Femmine 148 m	Palermo Italja	1 cisterna sa tečnim gasom + 1 manji autobus	Čeoni-stražnji-sudar		5 mrtvih 20 povreð.	1 cisterna 1 autobus 18 auto.	Ozbiljno oštećenje tunel zatvoren 2.5 dana
1999 24. Mart	Mont Blanc 11 600 m	Francuska -Italija	Kamion sa brašnom i margarinom	Curenje ulja Motor		39 mrtvih	23 kam. 10 auto. 1 motor	Ozbiljna oštećenja Tunel se ponovo otvorio 22.12.2001
1999 29. Maj	Tauern 6 401 m	A10 Salzburg-Spittal Austria	Kamion sa bojom	Čeoni-stražnji-sudar 4 automobila i 2 kamiona		12 mrtvih 49 povreð.	14 kamiona 26 auto.	Ozbiljno oštećenje
2000 14. Jul	Seljestad 1 272 m	E 134 Drammen - Haugesund Norveška	Kamion sa prikolicom koji je uzrokovao višestruki sudar imao je zapaljen dizel u prostoriji za motor pre sudara.	Čeoni-stražnji-sudar Prikolica je gurnula automobil na 4 automobila koja su stala iza drugog kamiona.	45 min	6 povreð.	1 kamion 6 autom. 1 MC	Ozbiljno oštećenje Tunel zatvoren 1 ½ dan.

2001 28. Maj	Prapontin 4 409 m	A32 Torino Bardonecchia Italija	Rumunski kamion natovaren repom	Mehanički problem		19 povređ. od udisanja dima		Zatvoren do 6. juna u smeru Frejusa (zapad)
2001 24. Okt.	St. Gotthard 16 918 m	A 2 Švajcarska	Kamion	Čeoni sudar 2 kamiona	2 dana	11 mrtvih	13 kam. 4 komb. 6 auto.	Ozbiljna oštećenja Zatvoren 2 meseca
2005 4. Jun	Fréjus 12 895 m	T 2 Francuska - Italija	1. teret: Gume 2. teret: Sir 3. teret: otpaci (2 mrtva) 4. teret: lepak	Curenje dizela u kamion natovaren gumama. Raširilo se na 3 preostala kamiona.	6 sati Vatra ugašena na tovaru 4.kamiona	2 mrtva. 21 lečeno usled udisanja dima	4 kam. 3 vatrog. vozila	Ozbiljna oštećenja Tunel zatvoren

Svaki tunel je jedinstven po svojim karakteristikama. Tunel varira u dužini, putnim sekcijama, kontroli saobraćaja, gustini saobraćaja kao i mnogim drugim karakteristikama. Mogu biti konstruisani na različitim dubinama ispod zemlje ili vode što je veoma bitno prilikom planiranja uređaja za slučaj vanrednih situacija.
Nakon formiranja trans - Evropske mreže tunela, Evropska unija je postavila opšte propise, koji su bazirani na važećim evropskim propisima:

- Richtlinien Fuer die Ausstattung und den Betrieb von Strassentuneeln – RABT, 1994
- Projektirungsrichtlininien (RVS) : Forschungsgesellschaft fuer vas Verkerhrs und Strassenwesen im OEIAV, Wien.

2.2. Klasifikacija tunela

Za pojedninačne i duple tunelske cevi klasifikacija zavisi od gustine saobraćaja i dužine i data je u sledećoj tabeli:

Tabela 2. *Klasifikacija tunela*

Vrsta tunela	Vrsta saobraćaja	Gustina saobraćaja (TV)	Dužina tunela	Klasa tunela
		Br.voz/dan/traka	Dužina u Km	-
Jedna cev	Dvosmeran	TV >=9000	L >= 0.5	I
		4500<= TV < 9000	L >= 3	I
			1<= L < 3	II
			0.5<=L >1	III
		2000<= TV < 4500	L >= 6	I
			3 <= L < 6	II
			1 <= L < 3	III
			0.5 <= L < 1	IV
		500<= TV < 2000	L >= 10	I
			3 <= L < 10	II
			1<= L <3	III
			0.5 <=L < 1	IV
		TV < 500	L >=20	I
			10 <= L < 20	II
			3 <= L < 10	III
			1<= L < 3	IV
			0.5<=L < 1	V
Dve cevi	Jednosmeran	TV >=12500	L >=0.5	I
		9000<= TV < 12500	L >=1	I
			0.5 <=L > 1	II
		4500<= TV < 9000	L >= 3	I
			1<= L < 3	II
			0.5 <=L <1	III
		2000<= TV < 4500	L >= 6.0	I
			1<= L < 6.0	II
			0.5<=L < 1	III
		TV < 2000	L >= 6.0	I
			3 <= L < 6	II
			1<= L < 3	III
			0.5<=L < 1	IV

Minimalna oprema u tunelima je:

- Indikacija pravca izlaza upotrebom svetla na najmanje svakih 100 m i znakova na svakih 25 m, od 1,1 do 1,5 m iznad nivoa na kom je izlaz i upotrebom svetala i znakova iznad sigurnosnih udubljenja i protivpožarne opreme;
- Vatrogasni aparati na rastojanjima ne većim od 150 m i na ulazima
- Postavljeni izvori vode za vatrogasce na rastojanjima ne većim od 150 m
- Oprema za radio emitovanje sa posebnim kanalima za hitne službe
- Video nadzor u tunelima dužim od 1000 m
- Uređaji za automatsku detekciju dima za tunele veće dužine od 1000 m
- Bezbedno snabdevanje visoko-naponskih i nisko-naponskih kablova
- Električna, merna i kontrolna kola izvode se tako da lokalni kvar (npr. zbog požara) ne utiče na ispravnost kola.

Minimalna oprema za svaku klasu tunela je predstavljena u sledećoj tabeli:

Tabela 3. *Minimalna oprema u tunelima*

Kategorija opreme	**Vrsta opreme**	**Kat. 1**	**Kat. 2**	**Kat. 3**	**Kat. 4**	**Kat. 5**	**Napomene**
	Stalno osvetlenje	●	●	●	◘	◘	
Osvetlenje	Sigurnosno osvetlj.	●	●	●	◘	▼	
	Napajanje	●	●	●	◘	◘	
Komunikacija	Telefon u slučaju nužde	●	●	●	◘	◘	
	Radio veza	●	●	◘	◘	▼	
	Zvučnici	●	●	◘	◘	▼	
	Stanica za slučaj nužde	●	●	●	◘	◘	Najmanje na svakih 150m
	Zatvoren kružni tv nadzor	●	●	◘	▼	▼	Samo za tunele duže od 1000m
	Različite znake sa porukama	●	●	◘	▼	▼	
Upravljanje saobraćajem	Oprema za zatvaranje tunela	●	●	◘	▼	▼	Samo za tunele duže od 1000m
	Oprema za zaustavljanje vozila u tunelu	◘	◘	▼	▼	▼	
	Oprema za kontrolu visine vozila	●	◘	◘	▼	▼	
	Kontrolni centar	●	●	◘	▼	▼	
Detekcija akcidenta	Automatska detekcija	●	●	◘	▼	▼	
	Detekcija vatre	●	●	◘	▼	▼	
	Moućnost ručnog alarma	●	●	●	●	◘	
	Oprema automatskog alarmiranja	●	●	◘	▼	▼	
	Ventilacije	●	●	◘	▼	▼	
Upravljanje akcidentom	Oprema za gašenje	●	●	●	◘	▼	Najmanje na svakih 150m
	hidranti	●	●	●	◘	▼	Najmanje na svakih 150m
	Rezervoari vode	●	●	●	▼	▼	
Otpornost	Ponstrukcije i opreme	●	●	◘	▼	▼	
	Pešačkih izlaza u slučaju nužde	●	●	●	▼	▼	
	Izlaza u slučaj nužde	●	●	●	▼	▼	Najmanje na svakih 500m
	Prolaza za spasilačke ekipe	●	●	◘	▼	▼	Najmanje na svakih 1500m
	Sigurnosnih galerija	●	●	◘	▼	▼	
Građevinske mere	Zaustavne površine	●	◘	▼	▼	▼	Najmanje na svakih 1000m
	Staza u slučaj izlaza	◘	◘	▼	▼	▼	
	Ukrštanje centralnih rezervi	●	●	◘	▼	▼	
	Sklonište sa mogućnosti spašavanja	◘	◘	▼	▼	▼	
Vatrogasna jedinica		◘	▼	▼	▼	▼	
● obavezno	◘ preporučeno	▼ po izboru					

2.3. Požarni sektori

Bilo da je reč o tunelu sa jednom ili dve tunelske cevi svaka od navedenih tunelskih cevi predstavlja posebni požarni sektor.
Kod dvocevnog tunela ovi sektori su odvojeni poprečnim pretprostorima za evakuaciju koji su napravljeni od zidova otpornih na požar 180 minuta i samozatvarajućih vrata otpornih na požar 120 minuta. U istim je predviđena ventilacija za stvaranje natpritiska.
Pored toga podela tunelske cevi na požarne sektore svodi se na odvajanje određenih prostorija koje moraju da obezbede funkciju bezbednosnoj opremi i uređajima koji moraju da rade u uslovima požara.

U bezbednosnu opremu spadaju sledeći građevinsko saobraćajni elementi:

- Niše za poziv u nuždi (SOS stanice)
- Poprečni rovovi za evakuaciju
- Hidrantne niše
- Elektro niše i trafo stanice
- Komandno dispečarski centar

2.3.1. Evakuacija

Najvažnija mera zaštite pri usvajanju koncepcije zaštite od požara jeste brza i bezbedna evakuacija ljudi iz tunela.
Međusobna udaljenost između poprečnih evakuacionih rovova bazira se na vremenu koje stoji na raspolaganju za evakuaciju ljudi iz cevi gde je došlo do požara i na važećim preporukama koje važe u zemljama EU:

- RABT 1994 (tačka 2.5.1.3)
- RVS 9.281

Evakuaciju treba izvršiti na vreme, kada su dim i toksični gasovi još vrući i zadržavaju se ispod plafona tunela.
Razmak poprečnih rovova za evakuaciju bazira se i na izračunavanju vremena zadimljavanja tunela. Izračunato vreme evakuacije mora da bude manje od vremena zadimljavanja.

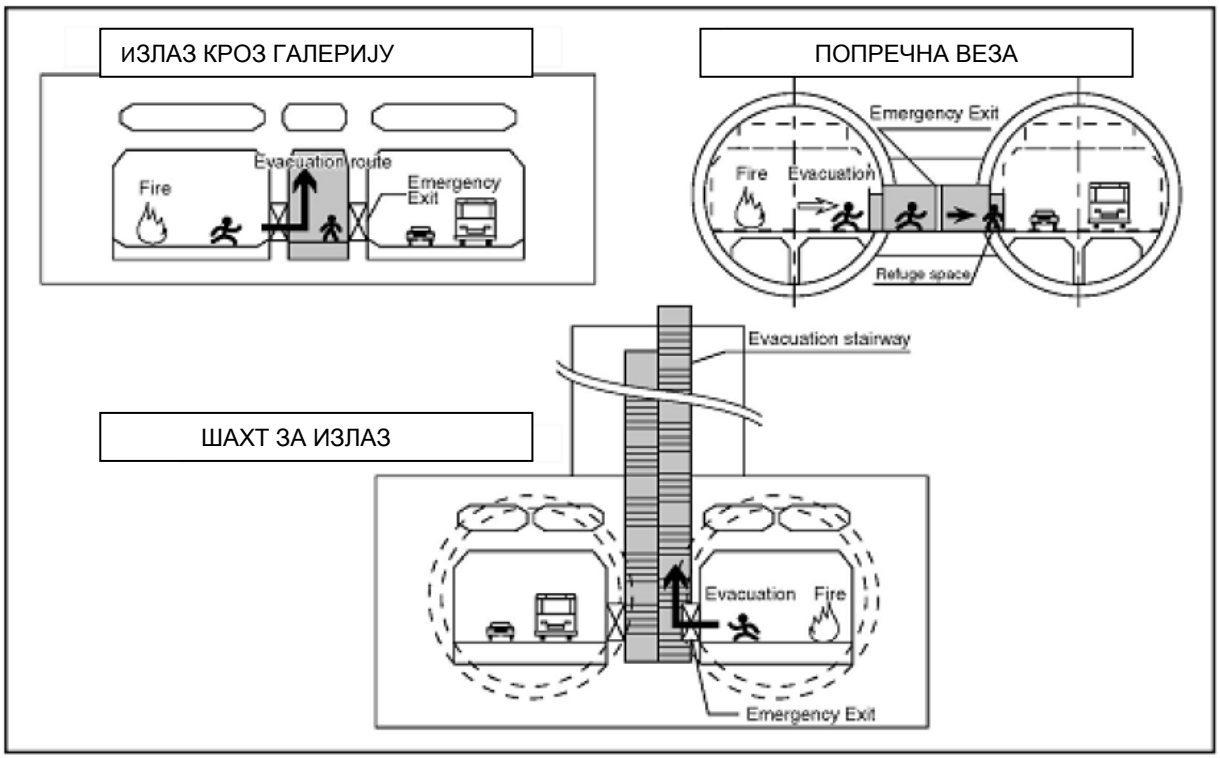
Kao najnepovoljniji parametri uzimaju se:

a) dužina puta evakuacije
b) minimalna brzina kretanja ljudi u uslovima požara
v) maksimalno vreme napuštanja autobusa

U daljem tekstu date su preporuke koje važe u zemljama evropske unije za tunele koji čine Transevropsku mrežu tunela.

- U slučaju nezgode u jednoj od cevi dvocevnog tunela kao izlaz i put za spašavanje koristi se druga cev.
- U slučaju nezgode u jednoj cevi koristi se poprečni prelaz u dvocevnim tunelima koji obezbeđuje izlaz i put za spašavanje.
- Pešački poprečni prelaz povezuje cevi na rastojanjima manjim od 500 m, u zavisnosti od saobraćaja, time omogućavaju ljudima da sami pobegnu.
- Svaki treći poprečni prelaz takođe se projektuje za prolaz vozila hitne službe.
- Ukoliko dimna ekspanzija i brzina prodiranja usled lokalnih uslova pokažu da gore pomenuti parametri (ili zahtevi) nisu dovoljni da osiguraju sigurnost korisnika puteva, dodatni proračuni treba da budu preduzeti, kao na primer konstruisanje kratkih vertikalnih sigurnosnih galerija na otvorenom ili konstruisanje paralelnih sigurnosnih galerija unakrsno povezanih za samo-spašavanje (izlaženje) na intervalima manjim od 500 metara.
- Ukoliko postoje planovi za tunel da ima drugu cev kasnije, ispitivanje ili pilot galerija se može koristiti za sigurnosni izlaz do momenta završetka druge cevi.
- Skloništa bez izlaza koji vode do sigurnosnih izlaza na otvoreno ne smeju biti građena.

Obeležavanje evakuacionih puteva u tunelu mora biti jasno označeno kao smer evakuacije. Svi izlazi iz tunela, kao i prilazni putevi izlazima, označavaju se uočljivim znakovima.
Na slici 1 su prikazani neki od načina evakuacije iz tunela.



Slika 1. *Način evakuacije iz tunela*

2.4. Ventilacija i kontrola dima

Svakako jedan od najbitnijih elemnata, koji je od presudnog značaja za pravilno i bezbedno funkcionisanje saobraćaja, kako u redovnom tako i akcidentnom režimu rada, je ventilacija. Pravilno usmeravanje svežeg vazduha, odnosno smer odlaska dima i toksičnih produkata sagorevanja osnovni je zahtev koji treba da obezbedi jedan ventilacioni sistem. Ventilacija u tunelu može biti obezbeđena prirodnim putem, putem efekta vazdušnog klipa prouzrokovana saobraćajem ili mehaničkim putem (uzdužna ili poprečna). Metod selekcije mora biti najekonomičniji u odnosu na konstrukciju i operativne troškove.
Prirodna ventilacija i ventilacija prouzrokovana saobraćajem motornih vozila je adekvatna za relativno kratke tunele i tunele sa niskom frekvencijom saobraćaja.
Dugački tuneli i tuneli sa visokom frekvencijom saobraćaja moraju imati veštačku (mehaničku) ventilaciju.

2.4.1. Mehanička ventilacija

Tuneli koji su suviše dugi, koji ima gust saobraćaj ili gde su nepovoljni atmosferski uslovi zahtevaju mehaničku ventilaciju. Provetravanje u tunelu mora biti takvo, da se obezbedi da koncentracija štetnih gasova bude u okviru dozvoljenih granica pri maksimalnim vrednostima protoka saobraćaja. Prema vrsti izvođenja mehanička ventilacija može biti longitudinalna, polutransferzalna ili potpuno transferzalna. Faktori koji određuju izbor ventilacionog sistema su: dužina tunela, poprečni presek i nagib, okolna sredina, veličina saobraćaja i troškovi izgradnje.
Upravljanje ventilacionim sistemom treba da bude automatsko, ali je neophodno obezbediti i mogućnost ručnog upravljanja.
Treba predvideti i sistem automatske kontrole količine štetnih gasova i dima, od čijeg ispravnog rada zavisi i rad ventilacije.

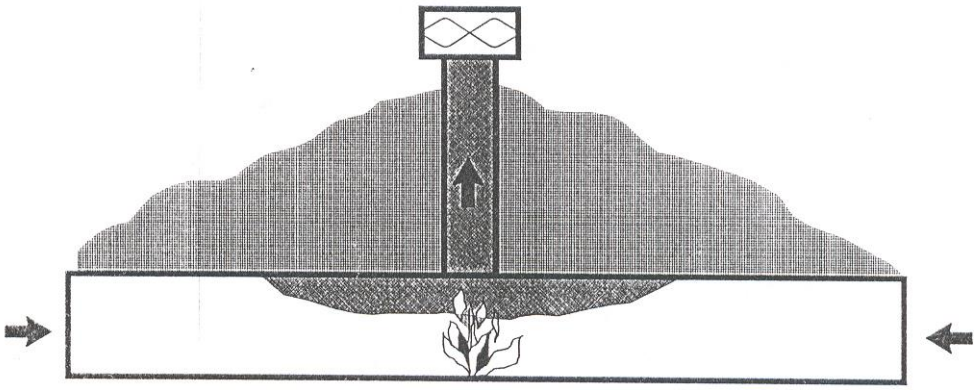
Pri definisanju projektnog rešenja ventilacije tunela potrebno je:

- Predvideti robusnu i energetski ekonomičnu instalaciju
- Predloženo rešenje treba da je fleksibilno u smislu korišćenja tunela u varijantama " jedan tunel – dva smera" i " jedan tunel – jedan smer"
- Treba predvideti mogućnost etapne nadgradnje, zavisno od povećanja gustine saobraćaja tokom vremena u bilo kojoj od dve navedene varijante rada tunela
- Treba uskladiti rešenje sa protivpožarnim merama predviđenim u slučaju saobraćajnog incidenta u tunelu
- Treba predvideti automatski rad sistema ventilacije u cilju propisanih uslova u tunelu
- Pod redovnim režimom rada podrazumeva se rad sistema ventilacije čiji je zadatak da obezbedi kvalitetan vazduh u tunelu, sa primarnim zadatkom da obezbedi koncentraciju CO u dozvoljenim granicama
- Pod akcidentnim režimom podrazumeva se rad sistema ventilacije čiji je zadatak da potpomogne odimljavanje u tunelu i omogući spasavnje putnika

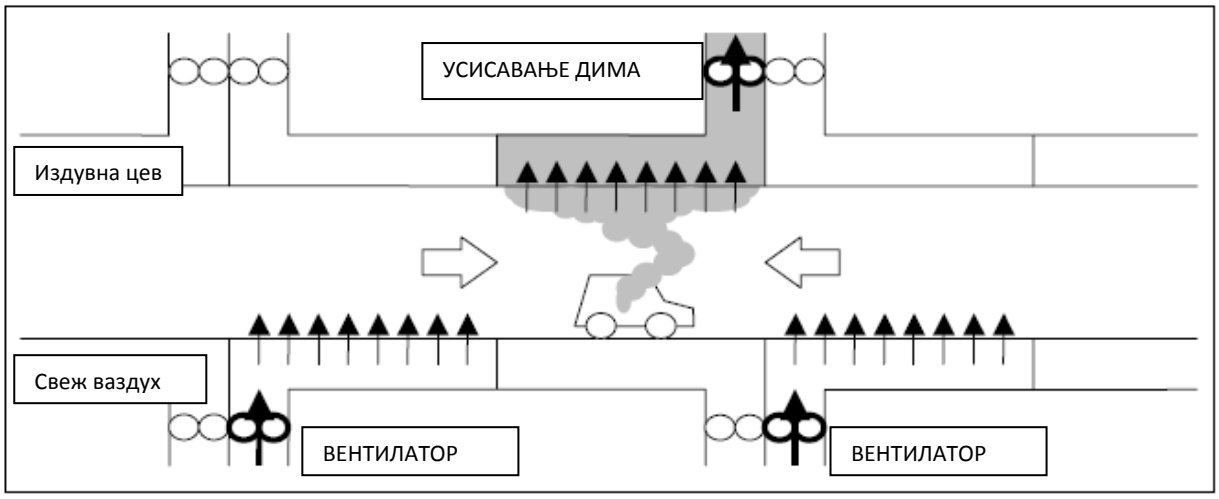
Prema važećim evropskim propisima obavezno je stalno merenje koncentracije ugljen – monoksida u tunelima. U tu svrhu se postavljaju senzori čiji pravilan rad igra presudnu ulogu u pravilnom funkcionisanju ventilacije. Obično se postavljaju kod ulaznog i izlaznog portala (na jednoj bočnoj starni tunela) i na sredini tunela.
Postavljaju se tako da najbolje registruju koncentraciju CO na visini oko 2 m, u odnosu na kolovoznu traku. Prilikom proračuna ventilacije uzimaju se u obzir sledeće maksimalne dozvoljene vrednosti štenih gasova.

- $K(CO)_{\max}$ = 100 *ppm*
- $K(NOx)_{\max}$ = 25 *ppm*
- $K(D)_{\max}$ = $7 \cdot 10^{-3}\, m$

Režim rada ventilacionog sistema, u većini slučajeva, definiše se tako da se štetne materije iz tunela izbacuju na obe strane tunelske cevi i to ka ulaznom i izlaznom portalu, respektivno. To u osnovi podrazumeva da ventilatori usmeravaju strujanje vazduha ka onom portalu sa koga je došao signal o prekoračenju štetnih materija u tunelu. Time se obezbeđuje najkraće vreme boravka nedozvoljene količene štetnih materija u tunelu. Ovaj princip upravljanja ventilacionim sistemom je opšte prihvaćen i primenjen je na svim poznatim putnim saobraćajnim tunelima u Evropi.
Ventilatori treba da rade normalno pri temperaturi od 200ºC u trajanju od 2 sata.
U slučaju požara u nekoj od tunelskih cevi potrebno je prevesti rad ventilaconog sistema sa redovnog u incidentni režim upravljanja.
Ručno upravljanje ventilacionim sistemom, u slučaju požara, iz kontrolnog centra predstavlja osnovni režim upravljanja ventilacionog sistema. Operater u kontrolnom centru, posredstvom video nadzora, ima najbolji uvid o stanju saobraćaja u tunelu i može na najbolji način da upravlja radom pojedinih grupa ventilatora za potrebe odimljavanja i omogući bezbedno evakuisanje putnika iz tunelske cevi u kojoj je došlo do požara.
Automatsko upravljanje ventilacionim sistemom, u slučaju požara, je alternativni režim i predviđa se samo u slučajevima kada ne postoji sistem centralnog nadzora i upravljanja ili kada iz bilo kojih razloga ručno upravljanje iz kontrolnog centra nije u funkciji. Kada postoji kontrolni centar i sistem centralnog nadzora i upravljanja tada se u slučaju požara u tunelu isključuje ventilacioni sistem ako je u trenutku požara radio. Dalje upravljanje ventilacionim sistemom u cilju odimljavanja preuzima nadležno lice (operater) iz kontrolnog centra. Upravljanjem rada ventilatora omogućuje se njegova široka kontrola rada za različite moguće požarne scenarije.
Pravilno usmeravanje svežeg vazduha, odnosno smer odlaska dima i toksičnih produkata sagorevanja je od bitnog značaja za zaštitu ljudi u tunelima. Slike 2, 3, 4 i 5 prikazuju moguća rešenja ventilacije i kontrole dima u tunelima.
Na taj način se postiže da se evakuacoini put tokom perioda trajanja požara uvek ispira svežim vazduhom, a da evakuisani već prvim koracima udaljavanja od mesta požara ulaze u sve bezbedniju zonu. Uz to na krajevima tunela je atmosfera najčistija, pa je omogućen bezbedan prilaz spasiocima duboko u tunel i time efikasna intervencija.

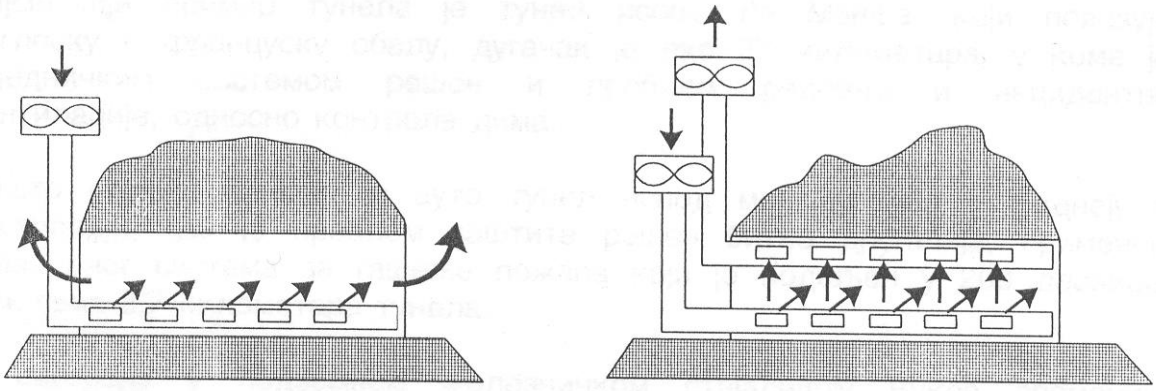


Slika 2. *Tipičan primer ventilacije i kontrole dima u tunelu*

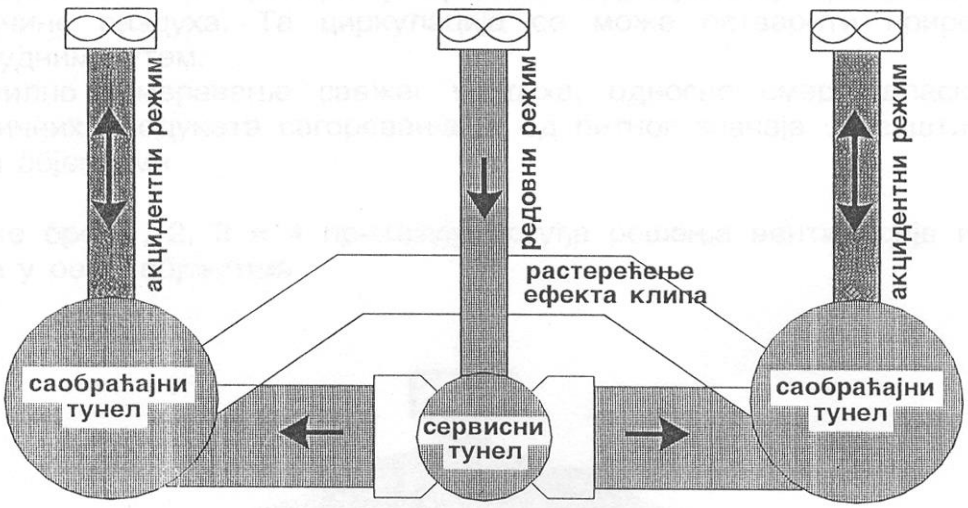


Slika 3. *Primer poprečne ventilacije*

Najoptimalnija rešenja, i rešenja koja su najčešće primenjivana pri projektovanju prikazana su na *slici 4*. Na taj način se postiže da se svež vazduh uvek dobija sa krajeva tunela, koji predstavljaju finalne izlaze iz opasne zone.



Slika 4. *Moguća rešenja ventilacije i kontrole dima*



Slika 5. *Prikaz rešenja kontrole dima u tunelu ispod La Manša*

2.5. Mogućnost intervencije vatrogasnim vozilima

JANUS 4000 BIFRONTE ima značajnu ulogu za bezbedno funkcionisanje velikih tunela. Zahvaljujući svojoj visokoj tehnologiji i naprednim rešenjima opreme, omogućava brzu intervenciju u ekstremnim uslovima, koji se ček smatraju i nedostižnim.
Glavna karakteristika ovog vozila je da ima dve strane, za dva pravca kretanja, sa istim karakteristikama za oba pravca. Vozilo je opremljeno sa rezervoarom od 4000l vode i 500 l penila. Vozilo se može kretati u veoma ograničenom prostoru, kada se točkovi na zadnjoj osovini pomeraju u suprotnom pravcu od prednjih, što je od presudnog značaja kada je u pitanju vatrogasna intervencija u tunelima. Vozač može da menja način kretanja na lak način iz kabine.
Oprema za gašenje požara, pored rezervoara za vodu i penilo, sadrži monitore i bacače na krovu vozila kojim se može upravljati pomoću džojstika iz kabine, upravnjački kanal za aktiviranje sistema gašenja iz kabine i van vozila.



Slika 6. *JANU 4000 BIFRONTE*

Bezbednost vatrogasaca osigurava sistem natpritiska u kabini kao i sistem zaštite od toplote pomoću vode kao i zaštita prozora. Svako sedište je opremljeno kućištem za aparat za disanje sa po jednom maskom za svakog člana posade. Vozilo poseduje i aparat za analiziranje sastava spoljašnjeg vazduha.
JANUS 4000 BIFRONTE je opremljen sa 15 kVA generatorom i sa teleskopskim reflektorom. Dovoljnu zalihu vazduha za disanje obezbeđuju boce u vozilu. Kabina je opremljena sa čeličnim branicima i električnim vitlom kapaciteta 5000 kg za eventualno uklanjanje prepreka.

Vozilo je opremljeno sa dve kamere infracrvenog spektra koje su povezane na monitor koji se nalazi pored vozača, i to omogućava intervencije čak i po uslovima slabe vidljivosti od dima. Iz istog razloga vozilo je opremljeno i radarskim sistemom za signaliziranje prepreka ili zidova.

3. ZAKLJUČAK

Iz svega što je do sada navedeno u radu može se zaključiti da je bezbednost ljudi i materijalnih dobara na prvom mestu i od presudnog zanačaja u svakom tunelu. Samo pravilnim i detaljnim sagledavanjem svih faktora i činioca koji mogu biti uzrok nastanka i širenja požara može se obezbediti potrebna sigurnost. Svakako, najveće pouke mogu se izvući iz tragedija koje su se dešavale u tunelima širom sveta. Njihova sveobuhvatna analiza u velikoj meri nam može pomoći da moguće greške i rizike svedemo na minimum.
Ipak po mom mišljenju, bez obzira na sve primenjene tehniče i sigurnosne mere ljudski faktor će i dalje igrati presudnu ulogu po pitanju bezbednosti, iz razloga što samo pravilnim rasuđivanjem i pažnjom prilikom kretanja kroz tunel u velikoj meri možemo uticati na bezbednost kako sebe tako i drugih ljudi.

Literatura

[1] NFPA 502, Standards for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways. 2004. National Fire Protection Association (NFPA).
[2] Recommendations of the Group of Experts on Safety in Road Tunnels, Inland Transport Committee, Economic Commission for Europe, Economic and Social Council of United Nations, TRAN/AC.7/9 (2001).
[3] Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council on Minimum Safety Requirements for Tunnels in the Trans-European Road Network, April 2004, Brussels, Belgium.
[4] Richtlinien Fuer die Ausstattung und den Betrieb von Strassentuneeln – RABT, 1994
[5] Projektirungsrichtlininien (RVS) : Forschungsgesellschaft fuer vas Verkerhrs und Strassenwesen im OEIAV, Wien.

THE COMPETENCES OF THE ROAD ADMINISTRATIONS IN GERMANY

Konrad Bauer

Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, Germany

Abstract: *Competence is used in the sense of "being responsible". According to the German constitution (the Federal Basic Law), and the traditional administrative structure in Germany you have to differ between four types of territorial entities responsible for road construction and maintenance having road authorities the Federation (Bundesrepublik Deutschland), the 16 Federal States (Bundesländer, the 300 districts (Kreise/ Landkreise) and 110 autonomous cities (kreisfreie Städte) and the 10,100 district-affiliated municipalities (kreisangehörige Gemeinden).The Federation has road acts concerning the 13,000 km Federal motorways and 40,000 km Federal highways. For all other road categories with about 950,000 km there exist the road acts of the 16 Federal Länder. In these acts the competences of the different authorities are laid down.*

Keywords: *German road owners; German road administration, competent authorities, responsibility, territorial entities;*

1. INTRODUCTION

The term „competence" – in German "Kompetenz" - may have several different meanings in English as well as in German. In this article the noun "competence" is used in the sense of "being legally qualified (as authority)" and being "responsible", but not in the sense of "having the necessary ability or qualities" (the "know how" and "skills).1"

In this article I will speak about the territorial entities responsible for roads in Germany, the Federal road law, the Federal administration and the supporting institutions, the executive administration for Federal roads, and the content-related competence.

2. TERRITORIAL ENTITIES RESPONSIBLE FOR ROADS.

According to the German constitution (the Federal Basic Law), and the traditional administrative structure in Germany you have to differ between four types of territorial entities responsible for road construction and maintenance having road authorities:

- the Federation (Bundesrepublik Deutschland)
- the 16 Federal States (Bundesländer)
- the 300 districts (Kreise/ Landkreise) and 110 autonomous cities (kreisfreie Städte)
- the 10,100 district-affiliated municipalities (kreisangehörige Gemeinden).

All these mentioned territorial entities have to care for their specific roads. These roads get their legal status by means of an actionable administrative deed by the competent authorities according to the specific road acts of the Federation or of the Land. The respective authorities are allocated by the road acts of the Länder.

---

[1] Concerning "competence" in the sense of "skills" see: *Konrad Bauer: The Bauassessor –Leading function in the public technical administratio*n; in Konrad Bauer – Franz Rudolf Herber: Recht und Technik Köln 2011 ISBN 978-3-941790-93-3 S. 111-129

Table 1. Financial and Administrative Competences for German road categories

Highway class		Length [km]	Property and financial obligation for construction and maintenance		Administration	
			Open routes	Cross town links	Open routes	Cross town links
Federal Trunk roads	Federal motorways	12.845	Federal Government	---	Länder on behalf of the federal	---
	Federal Highways (B)	39.700		< 80.000		< 80.000
				> 80.000		> 80.000
State roads (L)		86.500	Länder	< 20.000	Länder	< 20.000
				>20.000		> 20.000
District roads (K)		92.000	Districts/ municipalities	< 30.000	Districts**	< 20.000
				20.000		> 20.000
Local roads (G)***		>420.000	Local authorities		Local authorities	

* The change of the obligation for maintenance depends on the number of inhabitants; the legal number varies between the 16 Länder (states): 20.000: Schleswig-Holstein; 25.000 Bayern; 30.000: Baden-Württemberg, Hessen, Saarland, Thüringen; 50.000: Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen; 80.000: Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen. The federal city Länder Berlin, Hamburg und Bremen have no respective classification.

** The Landkreis (district authority) may transfer these administrative tasks to the Land (State); the Gemeinde/Stadt (local authority) may transfer them to the Landkreis (district authority) or to the Land (state).

*** It can be assumed that the figure of the length of local roads has nearly doubled. These figures were found in a Federal census in the year 1969 concerning the total length of all local roads in Western Germany. The figures of the eastern part of Germany which are unknown could not be taken in consideration then; so they need to be added. Furthermore: Since 1969 there were developed many new building areas of municipalities all over Germany with local roads. That means that there are more than one million km roads exist in Germany.

(Source: BMVI / Konrad Bauer)

3. GERMAN FEDERAL LAWS CONCERNING FEDERAL MOTOR WAYS AND FEDERAL TRUNK ROADS.

The Federal motor ways (Bundesautobahnen) are roads intended for use by high-speed vehicular traffic only and designed such that they have not at-grade crossings and are equipped with special junctions for access and exit. They shall have separate carriageways for two directions of traffic. They are marked with letter “A” and a number. The Federal highways (Bundesstraßen) are used or intended to be used, for long distant traffic; they are marked with the letter “B” and a number. The legal relationships for these roads are laid down in the “Act on Proprietary Relations of the Federal Motor Ways and the Federal High Ways” of March 1951, and in the Federal Trunk Roads Act; the enactment of the latter was in 1953, but there have been several promulgations most recently amended on 31 May 2013. Federal motor ways are not intended to service the adjacent properties, whereas the Federal highways may pass through towns and villages and can service the adjacent properties. There are further special legal acts of the Federation as concerning the upgrading of the road net (Trunk Road Upgrading Act - FernstraßenausbauG FStrAbG), the tolling of roads (Trunk Road Construction Financing Act –Fernstraßenbauprivat-FinanzierungsGesetz), and the road planning procedures with public participation (Federal Administrative Procedures Act VerwaltungsverfahrensGesetz – VwVfG) .

4.FEDERAL ADMINISTRATION (BUNDESVERWALTUNG) AND SUPPORTING INSTITUTIONS

4.1 BMVI - FEDERAL MINISTRY FOR TRANSPORT AND DIGITAL INFRASTRUCTURE (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR)

4.1.1 DEPARTMENT ROAD CONSTRUCTION

The Federal Ministry for Transport and Digital Infrastructure is newly organized following the new distribution of competences within the Federal Government elected at the end of September 2013. The ministry is comprised of the main unit and nine departments with about 1400 staff members. Due to the fact that the German government has been headquartered in Bonn before the German reunification in 1990 and that the seat of the government was divided between Berlin and Bonn in the year 1999 there are about half of the staff members working in Bonn and half in Berlin. The directors general of the departments within the ministries are political officials. So only they (like the minister and the deputy ministers) can be replaced without reasons for the decision while all other members of the ministerial staff have contracts till they are pensioned with something more than 65 years. The ministry is in charge of all sorts of traffic questions (for example construction of Federal roads, road traffic, railways, water ways and water transport, aviation) and of matters concerning digital infrastructure and of course political cross-sectional tasks. The “Road Construction Department” has been divided from the “Road Traffic Department” after the Federal election in 2009. It has 17 units with on total about 115 staff people most of them civil engineers and lawyers. The matters are: road net planning; road operation and road traffic technique; traffic telematic; environmental matters in road construction; financing of road construction; tunnels, bridges; road maintenance and road

law. Six of the units deal with matters concerning the road administration of the different Federal Länder (see section 5.1).

4.1.2 SUB DEPARTMENT STRAßENVERKEHR

The road traffic is handled in a sub department with 7 units in “Department Land Traffic”: vehicle technique; traffic licence law; traffic law; vehicle regulations; commercial transport; public transport; social legislation concerning to road transport; transportation safety and security. Much of the preventive transportation safety work in Germany is done by the **DVR German Road Safety Council** in Bonn.

4.2 BAST - FEDERAL HIGHWAY RESEARCH INSTITUTE (BUNDESANSTALT FÜR STRAßENWESEN).

It is the practically oriented, technical and scientific institution of the federal government in the area of road research situated in Bergisch Gladbach near Köln (Cologne). It is dedicated to the various problems that occur in relations between roads, human beings and the environment. The BASt works on concepts designed to ensure that the roads are safe and able to be used efficiently and that the environmental burden caused by traffic is kept to an absolute minimum. About 400 employees work in the central department and the five technical departments, including about 200 scientists of different disciplines: civil engineers, traffic engineers, physicists, geologists, biologists, chemical experts, computer scientists and mathematicians, economists and business managers, lawyers, physicians, pedagogues, sociologists and psychologists. The departments are: Highway Construction, Bridges and Technology, Traffic Engineering, Automotive Engineering, Behaviour and Safety.

The BASt presents the results of about 600 research projects annually, that are published in series and on the Internet. Approximately half of these are the results of external experts from universities and engineering firms in particular. More than eight million Euros are spent on this external research per year. Apart from this, the BASt provides the Federal Ministry of Transport with scientifically-backed decision aids for technical and traffic-related issues and plays a significant role in drawing up regulations and standards. It gives approximately 1,000 statements to the Ministry of Transport as well as third parties and works on around 800 test assignments. At its testing plants, the Federal Highway Research Institute conducts its own research on issues of special significance.

4.3 DEGES - GERMAN UNITY PLANNING AND CONSTRUCTION COMPANY *(*DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRASSENPLANUNGS- UND –BAU GMBH).

The DEGES, Berlin, is a private project management company with limited liability owned by the Federal Republic and now 9 Federal Länder. Subject of the company is the planning and the execution of the construction (also supervising) and land acquisition for planned roads of the Federation and of the member Länder. The company was founded after the reunification of Germany in 1990 to carry out speedily and on an international top level the construction of Federal roads in the new Länder. On the whole DEGES was

and is responsible for the construction of nearly 2,000 km of Federal roads. The company sees its tasks in finding competent solutions for important and highly challenging construction projects. The DEGES has about 220 employees and is seated in Berlin.

4.4 KBA – FEDERAL MOTOR TRANSPORT AUTHORITY (KRAFTFAHRTBUNDESAMT).

This Federal agency has to deal especially with vehicles, with driving licences, and with statistics on motor vehicles and makes in this way an important contribution towards road safety, environmental protection and to the provision of information on road traffic. It approves vehicles types and parts, monitors the work of test centres for the periodic examination of vehicles and quality control at manufacturing plants. It designates technical services and accompanies recall actions by manufacturers of vehicles and vehicle parts. The Central Vehicle Register, the Central Register of Traffic Offenders, the Central Register of Driving Licences and the Central Register of Tachograph Cards are managed by the KBA which provides information from these Registers and produces and publishes statistics on the basis of these Registers and also about vehicle defects and goods transports. Every German with a driving licence knows the name of this institution; the reason is that serious breaches of the Highway Code by a car or motor bike driver are recorded there centralized for all Germany.

4.5 BAG - FEDERAL OFFICE FOR GOODS TRANSPORT (BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR, KÖLN)

The BAG is a Federal agency within the domain of the Ministry of Transport. The main tasks of the BAG is planning, co-ordination and management of road side checks on Federal Motorways and Federal highways in regard of observation of the German traffic laws , monitoring the road freight transport market and playing the decisive role in Germany's HGV toll system on Federal four lane roads. It works together in close contact with the traffic police of the Länder. The BAG also has to manage and to take the administrative procedures for the access to the market and to pursue the regularly offences. It also has aviation and rail transport tasks relating special economic and statistical matters, and also general nationwide administrative tasks. Its centre is in Köln (Cologne).

5. EXECUTIVE ADMINISTRATION

5.1 FEDERAL EXECUTIVE ADMINISTRATION (BUNDESAUFTRAGSVERWALTUNG).

As explained before the Federation is owner of the Federal motorways and Federal highways. But the Federation has no own road administration except the Federal Ministry of Transport and the above mentioned agencies which are important of their tasks but not of the number of staff.

The expenses for the construction and for the ground of the Federal motor ways and of the Federal highways are paid by the Federation but the roads are constructed and maintained by the road administration of the respective Land. So the road administrations of the Länder don't maintain only their own "Landesstrassen" but also the Federal roads. It may be that according to the German Basic Law the MoT has extensive influence possibilities over the Laender, with the right of special supervision as well as the possibility to specify the administrative proceedings in special cases but experience tells us that on the

whole the administration which is handling the day-to-day work (that means the administration of the Land) in most cases finds its own way how to go on. To make sure that there are general standards for the maintenance of the Federal roads on the whole there are many meetings between the experts of the Federation and of the Länder and they are worked out collaboratively. Most of them are produced in the working groups of the German Road and Transportation Research Association FGSV.

5.2 TRANSFER OF MAINTENANCE

Although the Länder have road acts of their own as well the road law and technical rules as the specific regulations in general are nearly equal to those of the Federal law. These legal acts apply for the Länder, the districts and the municipalities. So in case there is a Federal road the Federal road law is to be obeyed to by the Länder road administration, and if it is a road of the Land, of the district or of the municipality the Land road law is to be observed. As said before every owner of the road has to care for his road; so many of the territory entities have a road administration of their own. But many of the districts and autonomous cities have transferred by contract the maintenance of the Bundes-, Landes- or Kreisstraßen on their territory to the Land road administration as far as they are in charge for these roads by law. And also many of the nearly 10.100 district-affiliated municipalities in Germany have transferred by contract the construction of their roads or even the maintenance to the public road administration of the district or of the Land. Thus for example the road law of the Land Nordrhein-Westfalen enables the road administrations in this Land to transfer their tasks when it lays down that "*the municipalities, the towns, the districts and the road administration of the Land can transfer by contract the administration and the maintenance including the remodeling and extension of the roads with refunding the expenses*." On principle municipalities are responsible for all roads within the passages through the built-up areas. There is a important carve-out exemption for municipalities with less than 80.000 inhabitants (in Nordrhein-Westfalen; in other Länder the figure can be less); these municipalities have only to care for their local roads (see picture above).

6. CONTENT- RELATED COMPETENCE

6.1 PLAN FOR FEDERAL TRUNK ROADS

A Federal road may not be constructed unless the project is incorporated in the „plan for Federal trunk roads" (Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen) which is an attachment of the Trunk Road Upgrading Act (FernstraßenausbauG FStrAbG) decided by the German parliament (Bundestag). The aim is to have certain equilibrium of the infrastructures of centres of the Länder and the parts far-off the centres.
The provided line of the future road is planned by the Länder authorities; but they have to get the o.k. by the Federal Ministry of Transport. The plan approval procedures are managed by the authorities of the Länder.
The Länder have similar regulations for their roads and for the district roads.

6.2 MAINTENANCE AND IMPROVING OF THE ROAD SAFETY IN GERMANY

On Federal motorways with a length of about 13.000 km (length of all roads in Germany is about 1 million km) there are driven 31.4 % of the vehicle kilometres. In fact these roads are the roads with the highest road safety by far with about 10.7 % of the road fatalities in Germany. The reason is especially that they have separate carriageways for two directions of traffic; there are no pedestrians and no slow speed vehicular traffic, there are no at-grade crossings and these roads are equipped with sectial junctions for access and exit; accesses from frontagers are not allowed. The building and the maintenance are paid by the Federation; on motorways for heavy trucks is to be paid a toll (Maut). The new government intends to expand the toll duty for trucks to all federal trunk roads that means on up to 50 000 km. At the moment the BMVI intends with a new law to include not only the HGV – beginning with 12 tons – but also vans beginning with 7.5 tons and to expand on ca. 1000 km more Federal four-lane highways. There are big discussions about this topic. The toll payers have to pay their money to the private Toll Collect ltd.; the task of Federal Office for Goods Transport (Maut-Kontroll-Dienst) is to supervise the Toll Collect Company and to ensure that the HGV owners pay the toll.

6.3 COMPETENCE HOW TO BUILD ROADS AND THE USE OF BUILDING MATERIALS

Concerning federal and state roads the authorities responsible for road construction and maintenance shall within their capabilities, construct, maintain, widen or otherwise improve their roads in a condition that meets regular transport needs. So they shall ensure that their roads meet all the requirements of safety and security. There are not required any official authorizations, permit and inspections by parties other than the highway authorities; the building authorities of the Länder who have to be asked for permission to build civil houses are not to be participate. The requirements to the construction materials which art part of the building contracts usually are set by the working groups of the German Road and Transportation Research Association FGSV in Köln.

6.4 ACCESSES TO THE ROADS OUTSIDE BUILT- UP AREAS; EXPROPRIATION

The public thoroughfares in the municipalities usually are built based on statutes of the municipalities following the Federal Town Planning Law (Bundesbaugesetz) with the approval of the supervising state authority. That means there shall be a preparatory land-use plan which “represents in basic form the type of land uses arising for the entire municipal territory in accordance with the intended urban development which

is proposed to correspond to the anticipated needs of the municipality". And if there does not exist a binding land-use plan based on the mentioned preparatory land-use plan there won't be a planning approval for a building construction (or for an urban development plan produced by a contractor) in special areas of the municipality. In this way in Germany scattered settlements demanding dangerous accesses to the roads outside built-up areas are avoided by law.

According to the Federal Town Planning Law and the building laws of the Länder the interested party does not get a building licence for vacant sites if there doesn't exist an access to a road. As a general rule new accesses to Federal and Länder roads are permitted only within the built-up area. An access outside build-up areas is permitted only revocable at any time. The revocation of this permission can be made without reason and without compensation. The owner of the access needs permission also when he intends to change the access. If the road administration wants to close an access already existing before the law became applicable in 1953 if no agreement can be reached there has to be a forced land alienation following the special law for expropriation.

The same procedure is necessary of course if private land is needed and an amicable agreement can't be reached. The road administration tries first to buy the land by contract. If that is not possible it can get the land by expropriation. The sum of the compensation is to be calculated by the market value.

6.5 CONSTRUCTION BAN; PERMISSION ZONE; BILLBOARD BAN

Outside the built-up areas it is not allowed to erect buildings within a distance 20 metres to the Federal highways and 40 metres to the Federal motorways; one of the aims of this regulation is also to avoid the distraction of the drivers and thus to serve to increase the safety on the roads. Furthermore there is a legal permission zone of 40 metres resp. 100 m. The consent to get a building permission may only be withheld or granted with conditions attached if this is necessary to ensure the safety or smooth flow of traffic, or because of the intention to upgrade or for reasons of road construction design. By this regulation it is possible in the first line to avoid the erecting of billboards along the Federal roads. The Länder road acts have similar regulations.

6.6 SPECIAL USE WITH AND WITHOUT PERMISSION; ELIMINATION OF TRAFFIC OBSTRUCTIONS

The transport on roads in Germany by trucks with over-tonnaged and bulky cargo needs special permission given by the administration of the counties (Regierungsbezirke). The road inspections of the BAG resp. the police of the Länder check the drivers if they have got these permissions. The inspectors take various steps in case of violations by the driver or by the owner, depending upon the type and severity of the violation. In case of serious violations against certain safety regulations, the inspectors will prohibit the vehicle driver from travelling further.

For many years there had been serious problems in Germany with cars which were taken off the road and were dropped as litter on the road surface. Each road act in Germany now empowers and obligates the road administration and the road police to bring immediately these cars to special parking lots in case of emergency because of endangering traffic and to sell them if the authorities cannot find out the owner. If the owner can be found without special effort the authority has to give to the owner the chance to put his former property away by himself. If he doesn't do it within an acceptable time the authority will do it instead of him

and will charge him with the costs and with an administrative fee. Of course this regulation does not concern only dropped vehicles but also other illegal objects endangering the traffic like billboards, fences, chairs.

References

- **For Books and Monographies**
  (1) Bauer, K. *Der Bauassessor: Leitungsfunktion in der öffentlichen technischen Verwaltung*; in Bauer, K. - Herber, F.-R. (editors) *Recht und Technik II- Zusammenarbeit zwischen Juristen und Ingenieuren in der Straßenbauverwaltung* Köln 2011 ISBN 978-3-941790-93-3
  (2) Kodal, K. *Straßenrecht* 7.edition, C.H.Beck-Verlag München 2010 ISBN 978-3-406 52567-4
  (3) Marschall, E.A. *Bundesfernstraßengesetz* 6. edition, Carl Heymanns Verlag Köln 2012 ISBN 978-3-452-24769-8
  (4) Bauer, K. *Planungsrecht für Verkehrsanlagen* in Zilch, K. *Handbuch des Bauingenieurs* pages 2078-2090; Springer-Verlag Heidelberg-Berlin 2012 ISBN 978-3-642-14450-9
  (5) Müller, H.; Schulz, G.(editors) *Bundesferstraßengesetz mit Bundesfernstraßenmautgesetz* 2. edition, C.H. Beck-Verlag München 2013 ISBN 978-3-406 64296-8
  (6) Zeitler, H. Bayerisches Straßen- und Wegegesetz (loose-leaf) C.H.Beck-Verlag München
  (7) Bauer, K. (editor) 2. edition Esmat Aly Omar, Alexandria, Egypt; 2012 ISBN 978-977-379-074-5 Deposite No: 8388/2012
  (8) Bauer, K. *Einführung zur Straßenverkehrsordnung* 12. edition C.H.Beck-Verlag München 2013 ISBN 978 3 406 646706
  (9) Bauer, K. *Einführung zur Bußgeldkatalog-Verordnung* 4. edition C.H.Beck-Verlag München 2013 ISBN978 3 406 599101

- **For Journals**
  (10) Bauer, K.; Pfafferott, I. *8.ADAC/BASt-Symposium „Sicher Fahren in Europa*“ in Straßenverkehrstechnik 1.2013 pages 26-34 ISSN 0039-2219 Kirschbaum-Verlag Bonn

ROAD SAFETY DEVELOPMENT IMPACT BONDS
INNOVATIVE WAY TO FINANCE ROAD SAFETY IN DEVELOPING COUNTRIES[1]

Dry Alan Ross[2] and Mariya Ivchenko[3]

Executive summary

Globally there are over 3500 deaths per day on roads, equivalent to a 911 Twin towers tragedy every single day, 365 days a year but road crashes remain a "silent plague" that has not had the international attention or investment that other global diseases and illnesses have received. Many countries now lose 3-4 % of their annual GDP as a result of road crashes which in many cases are preventable and for which effective solutions are known and proven. Most developing countries do not yet have the institutional capacity to address their road safety problems effectively to reduce deaths and injuries and the resulting recurring annual losses to their economies. These losses are now frequently greater than the total development assistance that such countries receive from all sources so the effectiveness and socio – economic impact of such aid support is often undermined and negated by this recurring drain upon the finances of such countries.

Due to failure to recognize the scale of such losses , many countries do not invest sufficiently in safety improvement and are often reluctant to borrow from development banks to improve safety on their roads as they still tend to see expenditure on road safety as a "cost" rather than as an "investment". This systemic underfunding of road safety remains a continuing impediment to safety improvement and efforts to reduce the resultant losses so more innovative solutions need to be explored to get adequate funding applied in this area.

This offers a unique opportunity for the private sector (especially ethical) investors and development aid agencies to use innovative financial instruments such **as "road safety development impact bonds (DIBs)"** to raise the funding for investment in such countries to improve road safety in return for a share of the "savings" delivered. This can offer unusually high financial returns on investment and in the case of development agencies could have a significantly greater impact on the poverty and the social, health and economic development of the countries to which they provide aid. For investors such investments can be not only very lucrative but can be done with minimal risk. This paper outlines a proposal for establishing new type of financing mechanism called " Road safety Development impact bonds" and creating a conducive market in the developing world for investment via such financial instruments to generate hundreds of US$ millions in new investment for road safety in order to make a dramatic impact on the Global road safety problem

i) The Global road safety problem

Road crashes now cause around 1.3 million deaths and injure or disable as many as 50 million persons globally each year. Most of these (over 90%) occur in low and medium income countries (LMICs)[4]. Unless urgent action is taken, these casualties are expected to increase by a further 80% by 2020. The problem is particularly acute amongst the LMICs where road crashes are often already the 2nd most important cause of premature death for the 5-14 year olds. (Road crashes kill around 260,000 and cripple or injure around 10 million children and young persons each year.) It is also now the leading cause of death for the 15-44 year age group - the most economically productive groups of a LMIC population and whose loss is a major impediment to economic development of such countries. Research[5] shows that millions of households fall into a spiral of poverty and debt each year as a result of

[1] This paper and its contents are the view of the authors only and do not necessarily represent the views of any of the organisations where Dr Ross is a road safety adviser

[2] Currently team leader on an EU funded TRACECA regional project covering 10 countries in Caucasus and Central Asia E mail alanross999@gmail.com

[3] Economist and project coordinator on 10 country TRACECA regional road safety project mariya.ivchenko@gmail.com

[4] Global Status report on road safety, UNRSC/WHO , Geneva April 2013

[5] Aeron –Thomas. A (2004) Impact of road crashes on the poor: Bangladesh and India –case studies

the loss a wage earner or permanent injury of a family member which will impose additional costs on the household and restrict access to education of those disabled or those - often females - who have to give up education to look after the disabled family members. Many countries suffer recurring annual economic losses of at least 3-4 % of their annual GDP-. Losses, which in most cases are more than the total annual development assistance they receive from all sources combined. Road crashes are now undoubtedly affecting the economic and social development of many LMICs and the wellbeing, poverty and life chances of the poor in those countries.

The situation has become so alarming that UN Secretary General has called on all UN member countries, WHO, its UN Commissions and Multi-lateral Development Banks (MDBs) to address this urgent problem. The topic has been discussed at the UN General Assembly and the UN has declared a Decade of Action[6] on road safety, delegated WHO to address it as an urgent global health problem to be given similar importance as Malaria, HIV/AIDS and Tuberculosis, and set casualty reduction targets for UN member countries and UN regional commissions. The global target for reduction in road deaths by 2020 has been set at 50%[7]. Latest figures and trends indicate that road crashes are already killing more people than Malaria and Tuberculosis. By 2030, they will be killing twice as many as HIV/AIDS. It is perhaps instructive to note that since 2002, the Global fund for Malaria, Tuberculosis and HIV/AIDS has received around $18 billion in funding support from Donors while - during the same period - the global road safety problem has received only around $160 million. This is less than 1% of the resources applied to these other diseases[8]. At present, despite over 3500 deaths every single day x 365 days per year, road crashes remain a "silent plague" that has not had the international attention that other diseases and illnesses have received[9]. It has now become urgent to redress this earlier neglect.

(ii) Road safety injury and impact on development [10]

1. Poverty reduction: Developing countries lose 3-4 % of annual GDP due to road crashes and poor households who comprise the most frequent road injury victims can often be driven into a spiral of debt and poverty. Research in India and Bangladesh[11] has shown that 71% of rural and 54% of urban poor families **were not poor before** a family suffered the loss of a wage earner or the added cost of a permanently disabled person.

2. Child Mortality: Efforts to reduce the numbers of child deaths has had some success but the 2015 Millennium Development Goal (MDG) target focus on children "under five" has led to the ignoring of the important higher risks to children aged 5-14 where road injury now represents the **second most important cause of death worldwide** for that age group

3. Education: Education offers the world's poorest and most vulnerable children the hope of escape from poverty and many families make incredible sacrifices to get their children to school and this quite rightly has been a major MDG focus. However, every year over 260,000 children and adolescents die and over 10 million are injured or crippled in road crashes, blighting their futures. This loses all possibilities of education for those killed and many of those injured end up dropping out from school because of their own or a family members traffic injuries. This can be particularly devastating in reducing education and life chances for girls as they often end up being the ones who have to drop out of school to look after a disabled family member.

4. Health System: Road traffic injuries place an immense burden on health care systems diverting scarce financial and human resources from other important diseases and health concerns. In Kenya road injuries comprise 45-60 % of all admissions to the country's surgical wards. In India they comprise 10-30% of all hospital admissions. Because of the long term nature of injuries involved, the costs of treatment are often very high. These costs are avoidable if

[6] UN General Assembly resolution 62/255 "improving Global Road safety"

[7] UN Global Plan for the UN Decade of Action for road Safety 2011-2020 , http:// /plan www.who.int/road safety/ decade of action/plan/en/index.html

[8] Commission for Global Safety , "Safe roads for all" , May 2013

[9] Although there was a welcome and generous investment of $125 million from Bloomberg philanthropies a few years ago to address global road safety issues , these funds are spread over a 5 year period and have to cover 10 countries so works out at only $2.5 million per country per year -

[10] Kevin Watkins , box 8 ,Safe roads for all , Commission for Global road safety , 2013

[11] Aeron –Thomas. A (2004) op city

effective action is taken to reduce such deaths and injuries. Road injury is a manmade problem that we have the ability to solve. It just requires application of technical knowledge, known solutions, determination and funding to implement them.

The current Millennium Development Goals (MDGs) are due to be completed in 2015 and are to be replaced by Sustainable Development Goals (SDGs) for next 15 years. The impact of road injuries is now increasingly beginning to be recognized as a development issue of legitimate concern to development agencies. It is possible that one of the Sustainable Development Goals will be related to sustainable transport (within which road safety will be an important factor). Even if that does not happen, road safety is almost certain to be included under health or other goals and targets[12]. Consequently, road safety deaths and injuries will be recognized in future as an important development issue and the individual bilateral development agencies and Aid providers will need to consider how they can best support the required actions that will be necessary to address this complex global problem.

(iii) Current International Development assistance to low and middle income countries (LMICs)

Development cooperation goals and activities of the richer nations around the world, apart from supporting the Millennium Development Goals (MDGs), aim at eradication of poverty and the social, health and economic development in the aid recipient countries**.** Official development assistance (Aid) provided annually by the richer countries is now over Euro 100 billion per year. European Union (EU) aid alone is now over Euro 53 billion per year (of which European Commission (EC) provides over Euro 11 billion per year) making EU the world's largest (over 56%) and most influential donor of development assistance[13]. In recent years apart from other achievements this has helped 9 million children enroll in primary school and helped to construct or maintain 36,000kms of roads. Despite these laudable efforts and huge investments to try to help such countries, many recipient countries remain unable to move forward in terms of economic and social development. Unfortunately many such aid recipient countries are losing more thorough the growing problems of road crash casualties than the total development assistance they receive from all sources. Low and middle income countries (LMICS) now typically lose 4% of their annual GDP and in many countries this percentage is much higher (e.g. Mexico 5%, Kazakhstan 5%, Iran 7%,). This undermines and in some cases negates the effectiveness of the development assistance being provided by Donors. This would be undesirable at the best of times but is particularly of concern at a time of financial cutbacks and constraints in the Donor countries when there is increasing pressure to cut budgets and to demonstrate that all expenditure, especially aid funding, is effective in delivering desired developmental impacts and outcomes.

Table 2 (attached at rear)) compares the total aid received and losses incurred due to road crashes in the 25 countries which receive the greatest amount of development assistance from the EU. It can be seen that in 20 out of 25 countries (80%), the losses being incurred from road crashes exceed not only the Aid received from EU but the **total aid received from all sources**. The underlying rationale for development assistance is that it provides "additionally" i.e. additional funds beyond those available in normal government budgets to enable development of important health and social aspects of a nation and its people. Sadly because of the huge costs /losses resulting from road crashes what is intended as "additional, external funding" often just ends up filling the hole left in the government's own budget so the additional developmental impact of such aid becomes negligible.

The current situation is like having an ill patient in a hospital bed to which we are attempting to supply blood through one arm while ignoring or allowing blood to continually drain out at the same or faster rate through a cut artery in the other arm. In such circumstances, it is not surprising that the condition of the patient continues to deteriorate instead of improving. If the existing aid being provided to such countries is to have the desired developmental impact of reducing poverty and improving the health and wellbeing of people, then we must first make efforts to stop or minimize such recurring annual losses so more of the funding provided by donors remains available as an additional resource within the system to enable such development to occur

[12] Alan Ross is member of the Global Steering committee overseeing development of performance indicators being considered for inclusion in the sustainable transport development goals. Strong road safety goals and targets have been included under transport and under Health so road safety will almost certainly become an important issue meriting development assistance over the next 15 years

[13] European Commission Directorate for Development and Cooperation –Europe Aid Annual report ,2011

(iv) What are the Multilateral Development Banks and other key organizations doing? The 8 major multilateral development banks (MDBs)[14] have made a joint statement on a Shared Approach to Managing Road Safety in response to the UN Secretary General's call to action. The MDB statement commits them to help their respective member countries to work towards achieving the goals and delivering the casualty reduction targets of the UN Decade of Action. They have committed to providing more funding to assist their borrowing countries but because they tend to work in individual countries, they are often unable to fund actions spanning across regions or groups of countries. They also do not generally have ready access to the funding needed for parallel grants for technical assistance to strengthen local capacity in recipient countries to accompany their country specific infrastructure loans. All eight MDBs can promote and provide more investment into road safety through loans but currently have no mechanisms or instruments to permit any serious grant funding of the scale required for the essential pre requisite of capacity building in the developing countries. The MDBs will be able to fund the subsequent significant investment programs in such countries once the capacity building phase has been completed but until such capacity building is done, they are largely powerless to provide the necessary funding as there is no one at the client end who understands that road safety is an "investment" for a country . It is vital that the initial focus of investment be on implementing institution building initiatives and in training to strengthen key capacities and support systems such as crash data systems and technical skills and capacity of local officials. This will enable them to implement downstream safety improvement programs more effectively.

The various other partners active in road safety at international level (WHO, FIA Foundation, UN regional commissions and 70 + member organizations of the UN Road Safety Collaboration (UNRSC) which is trying to oversee the implementation of the UN Decade of Action) have only very small amounts of funding raised from various sources. The amounts committed to road safety by donors are only a tiny fraction of the resources allocated to other diseases; The Global Fund for Malaria, Tuberculosis and AIDS /HIV has proved very effective. It is now necessary to target road traffic crashes in a similar serious manner and with adequate funding. .

(v) How can improving road safety improve effectiveness of aid ?

Nearly **3** years of the UN Decade have passed and although there has been some progress in a few countries, many countries are as unable to implement road safety programs in their country now as they were when the UN Decade commenced 3 years ago. Around 150 countries still do not even have an effective organizational structure capable of managing the road safety problem, effective crash data systems to be able to analyze and understand the highest risk factors and at risk groups or the knowledgeable local officials who understand the need to invest in road safety and who have the knowledge and expertise to do so or to manage comprehensive road safety programs. Their governments do not yet appreciate the huge economic losses being incurred by their economies and tend to see expenditure on road safety as a cost rather than as an investment. They are therefore unwilling to spend their own limited budgets on safety interventions and at present, are reluctant to borrow from the Development Banks for road safety even though the Banks are willing and keen to lend for such purposes As a consequence, road safety remains grossly underfunded and under resourced and a continuing and growing problem in many LMICs. The banks are unable to provide as grants, the levels of funding needed to make an impact (i.e. $30 -$50 million per country) unless it is given as a loan and governments are unwilling /reluctant to borrow for such purposes so there is an impasse and the situation continues to deteriorate. There is an urgent need in such countries to develop and implement comprehensive road safety programs to develop local capacity and to deliver the early "easy to achieve" casualty reductions. However due to the above problems /constraints this is not being done.

This offers a unique window of opportunity for innovative action by EU DEVCO and other development Aid providers or even private investors to become involved via innovative financial instruments such as "Development Impact Bonds " to apply a small portion of their aid funding to assist such countries to save lives

[14] These are African Development Bank, Asian Development Bank, European Bank for Reconstruction and Development, European Investment Bank, Inter-American Development Bank,, Latin American Development bank , Islamic Development Bank, and the World Bank.

and injuries **and** reduce economic losses to aid the country's economic development . As table 2,at the rear , illustrates 20 out of the 25 countries receiving most aid from EU actually lose more through road crashes than the total aid they receive and such annual recurring losses can be very high . For example Ukraine currently loses $4460 million per year due to road crashes. If a saving of just 10 % could be achieved in deaths in Ukraine through investment by donors of say $50 million (less than 8% of the $626 million aid they provide annually) ,Ukraine would "save" in medical costs and productivity gains from those not dying or becoming disabled etc. an equivalent of $446 million. Thus the investment via a development impact bond of only $50 million leverages a benefit to the country's economy of $446 million (around 800% return on investment) . Instead of providing $50 million worth of aid to Ukraine the EU and other donors would be providing an effective boost of $446 million to the economy of Ukraine as well as reducing deaths and injuries and potential poverty of some families in that country

There is little risk of such savings not being delivered as experience in EU and other regions outlined below shows that significant savings can be achieved especially in the early years in such countries as the "low hanging fruit" of easy reductions in casualties has often not even been harvested yet. If EU countries can still deliver reductions in deaths of 30 -40 % several decades in after doing all the easy stuff , it is relatively easy to deliver the initial 10 -20 % reductions in the first few years where such basic safety work has not been done . Table 1 illustrates the sorts of reductions achieved in some former soviet union countries who were just in their first decade of addressing safety in the systematic manner that international experience shows can be successful. We know we can reduce deaths significantly in the early years where no or little safety work has been done in the past and the author has direct personal experience of having done so by developing institutional capacity to improve road safety [15] .

In some cases it may be that private sector would wish to participate in such investments and since it is desirable to get private sector funding into assisting development, aid agencies may actively encourage private sector to participate in such investments .

(vi) Can we be confident that 10 % or more reductions in deaths can be achieved?

The EU has demonstrated Decade after Decade that by investing in road safety and implementing appropriate targeted safety programs, deaths can be continually reduced by 40-50% each decade. The numbers of road deaths in most European countries now after 3 or 4 decades of continuous 30-50% reductions each Decade is now only a tiny fraction of what the deaths were 3 or 4 decades ago. The solutions and techniques for reducing casualties are now well known, understood, documented and proven to be effective not only in the richer European countries but also in other regions (e.g. see table 1) where such techniques and solutions have been systematically applied by knowledgeable persons . There is a successful working model of what needs to be done to deliver safety

Table1: Safety changes in EU and in some Former Soviet Union Countries 2001-2011

Country	Road deaths		%Change 2001-2011	Deaths /100.000 population	
	2001	2011		2001	2011
Bulgaria	1011	755	-34.9	12.4	8.9
Czech Republic	1334	802	-47.0	13.0	6.7
Estonia	199	101	-49.2	14.6	7.5
Hungary	1239	638	-48.5	12.1	6.4
Latvia	558	179	-67.9	23.6	8.0
Lithuania	706	297	-57.9	20.2	9.2
Poland	5534	4189	-24.3	14.5	11.0
Romania	2461	2018	-18.0	10.9	9.4
Slovakia	814	324	-47.2	11.6	6.0
Slovenia	278	141	-49.2	14.0	6.9
European Union (EU)	54302	30108	-44.6	11.3	6.0

[15] the author has personally overseen the reduction of 50% in road deaths in a country over a 7 year period by implementing institutional improvements based on best international practices

In order to demonstrate the efficacy of the proposed approach and to test out the assumptions there may be merit in first implementing such a Development Impact Bond in a pilot country or a sub region before extending such investment operations more widely to the broader developing world. Annex 1 show how such a Development impact bond (DIB) could be applied in a single country such as Ukraine . If a sub-regional or regional approach is preferred by EU /DEVCO or other investors , similar or greater benefits could also be achieved by applying such DIBs to other selected countries in TRACECA region . (for example even a 10 % savings in road deaths in Turkmenistan and Kazakhstan would deliver benefits to those 2 countries of $590 million and $780 million respectively) .Creation of a regional or a sub-regional fund to finance such innovative financial instruments as DIBs could deliver very significant financial benefits to the countries of any selected sub region

(vii) Scalability : Is there sufficient demand to make it worthwhile developing such financial instruments ?

Table 2 below shows a very preliminary analyses of World Health Organization (WHO)regions around the world and the potential returns that could be achieved even if only 10% saving was delivered (in practice much higher savings are likely but for illustrative purposes even the 10% saving gives huge potential returns (However it should be noted that these WHO regions include the developed countries who would probably not be interested in such investments Nevertheless there are still around 150 countries in WHO regions who could probably be interested in exploring such opportunities so there is a huge potential Global market for such DIB investments .

Table 2 Illustrative potential investor returns by establishing a 10% reduction in deaths in each WHO region

WHO region	No of countries in WHO region	Potential investment** $ millions	Monetary value of 10% saving in deaths and injuries $millions	Possible "share" Due to investors* $ millions	Potential %age Return on investment (after deduction of investment)
Africa	44	2200	8468	4234	92.5%
Americas (incl USA)	32	1600	67918	33959	2022%
South East Asia	11	550	14615	7348	1236%
Western Pacific (incl part Asia)	22	1100	45466	22733	1966%
Europe	51	2550	35743	17872	600%
Mediterranean	19	950	13234	6627	597%
Total	179	8950	185444	92772	936%

- assuming for illustration purposes that the 10 % saving is shared 50: 50 with government

** assuming $50 million investment per country

Table 2 above shows the huge potential returns that can be generated by even a small (10%) reduction in road deaths on the assumption that savings are shared with the investors (who might be either bilateral aid agencies , philanthropies or even private investors) . The 50: 50 Share to investors is just for illustration purposes. In practice, if it is bilateral aid agencies or philanthropies all the saving may be left with government and even private sector shares will typically be adjusted to be around 15% so that they such that they give around a 40 % return on investment with the rest of the saving being retained by government

(viii) How can investors be sure that governments will pay up if the agreed savings are delivered?

Whereas aid providers may be willing to take the risk, potential commercial investors would understandably wish to mitigate political risk so a means may need to be devised to give comfort to investors **and** the **a**uthor has already had some discussions about this with persons at European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) in London. One of the primary roles of the EBRD is to support and facilitate private sector investment into its developing member countries. They would therefore be very interested in perhaps helping develop financial instruments and development impact bonds to enable such investments in road safety in the LMICs as well as in

co-financing such investments. Such co financing has the particularly important advantages for private sector investors of giving "comfort" that the EBRD is also exposed but even better, is that under such co financing arrangements the EBRD would normally negotiate a " SOVEREIGN " guarantee for the investment and that would cover the private sector partner as well as EBRD .Other possibilities could include an **escrow account** where funds could be held pending independent verification of the reductions achieved

This EBRD interest in perhaps being involved in co-financing such investments in LMICs in partnership with private sector investors offers excellent "comfort" as well as the probable protection of a sovereign guarantee making the investment highly attractive and safe as well as highly lucrative . This should make it a particularly attractive investment for ethical investors who will get very high returns as well as the satisfaction of knowing that the funds are being used to save lives and injuries as well as making development aid more effective It also makes it very attractive to normal investors seeking high returns

(ix) how can we be assured of "investability" [16] of the proposed countries and road safety DIBs.

1 High returns: The investments would be raised by establishing some kind of road safety development investment bond and raising funding from those interested in investing in such a financial mechanism. Given that we are saving lives and disabilities while giving very good returns on investment, this should be of particular interest to aid agencies , ethical investors and philanthropies but may, because of the very high returns also be of considerable interest to normal investors seeking high return investment opportunities

2 Quality/ integrity of data for evaluation of success : the base position of numbers of deaths and injuries would need to be estimated and agreed independently (since police data will under report the actual numbers of casualties) and it may be that the WHO or other reputable independent estimates published periodically or prepared by their experts specifically for the project are used as the basis for assessments of impact and delivery of target reductions

3 Quality of Management of the implementation: For the larger countries , key local road safety NGOs could be mobilized and a team of up to 20 handpicked persons (working under a very experienced project manager) could be placed in key shadow positions within key stakeholders for a periods of up to 3 years (at approx. total cost $7 million leaving $43 million for safety interventions targeting highest risk road user groups) to establish effective working / cooperation between key stakeholders and to mentor/train their respective counterparts in analyzing and implementing safety interventions in their organization's areas of responsibility. For smaller countries investments and teams deployed could significantly smaller. The team of experts would have a proven record of casualty reduction from other countries where they have previously implemented similar major road safety programs

4 Mitigation of political risk: Where ever possible investment would be done by co financing with EBRD or other development bank to gain the benefit and gold plated security of a "sovereign" guarantee

5 Scalability : There are 150 countries as a potential market for application of such DIBs where (as table 2 shows) an investment of under $9 billion and delivery of an even fairly easily achievable 10 % saving could potentially give a return of up to $92 billion . This has to be an area of interest to development agencies , philanthropies and even commercial investors seeking potential long term area for investment with the possibility for substantial growth globally

(x) Possible pilot region and pilot project(s) to test out proposed approach

The EU funded TRACECA Regional road safety project covers the 10 countries of Armenia , Azerbaijan , Georgia , Moldova, Kazakhstan , Kyrgyzstan, Tajikistan , Turkmenistan , Ukraine and Uzbekistan and includes a range of

[16] items 2,3and 4 are issues raised by Luther Ragin of the Global impact investing network , speaking at the Rockefeller Foundation, New York , at the launch of a report by CGD -social finance working group on DIBs Oct 2013

countries at different stages of road safety development. As such, the TRACECA regional project countries provide a microcosm of the sorts of problems likely to be encountered across the developing world and so provides a useful "test bed" to pilot test strategies and interventions and to demonstrate the efficacy of the approach advocated by the authors. Some of these countries could be suitable to pilot test the proposed road safety DIBs.

One of the particular benefits of this region is that because of its growing geo political importance as the land link for important trade routes between Europe and Asia , the countries of the region , especially the 6 Central Asian countries , attract considerable attention and infrastructure funding from a very wide range of development banks and there are regional organizations coordinating development of trade routes and related infrastructure . For example the 6 Central Asian republics Azerbaijan , Kazakhstan , Kyrgyzstan , Tajikistan ,Turkmenistan and Uzbekistan are not only members of TRACECA organization and part of the TRACECA Regional Road safety project but are also members of the Central Asia Regional Economic Cooperation (CAREC) organization (which also includes Afghanistan, Pakistan , Mongolia and 2 autonomous provinces of China) . CAREC region has its own group of investing banks supporting activities and development and the author, having been an adviser on road safety issues is very familiar with likely future road safety investments in that region[17] as well as in the TRACECA region where he is currently leading a 17 person team of road safety experts assisting the countries in building capacity to address road safety issues.

Table 3 below gives the basic safety situation in 5 selected countries in that region which the authors consider to be "investable" for road Safety DIBs. The fatality rates per 100,000 populations in these countries are typically 3 -4 times as high as in the best countries in Europe who now have deaths rates of around 5 deaths per 100,000 populations. The opportunity for significant reductions is therefore high across the region and a total investment of $250 to achieve a 10% saving would give a return of $1045million

Table 3: Possible investable countries in TRACECA region

Item /Aspect	Azerbaijan	Kazakhstan	Turkmenistan	Ukraine	Uzbekistan
Population	9,187,783	16,026,367	5,128,000	45,448,330	27,444,702
Estimated Road deaths[18]	1202	3514	926	6121	3107
Estimated Serious injuries	12020	35140	9260	61210	31070
Deaths /100,000 population	13,08	21.93	18.05	13.47	11.32
Estimated Economic losses ($millions)[19]	1720.76	7808.64	5904.96	4459.92	1048.25
Loss as % age of GDP	3.2%	5.4%	4.09%	3.3%	2.8%
Total Aid received (all sources,$millions) [20]	159.11	223.93	44.65	626.40	230.85
Possible investment	50	50	50	50	30
Value of a 10 % Saving	172.07	780.86	590.50	445.99	104.83
Investor share (50%)	86.03	390.43	295.25	222.99	50.41
Potential return – investment	72%	680.9%	490.5%	345.9%	68.0%
" investable" country?	✓	✓	✓	✓	✓

In order to illustrate how a road safety development impact bond could work in a single country, Annex A shows how it would work if applied to Ukraine - a $50million investment to deliver a 10% reduction in deaths could deliver a saving of $446 million to be retained by government of funded by development assistance or shared shared with private investors in investment is from the private sector

[17] Alan Ross has previously been the road safety adviser to Asian Development Bank (ADB) developing the road safety strategy and recommending investments for the CAREC region as a whole and for the individual CAREC countries including the 6 Central Asian republics.

[18] WHO global status report , 2013

[19] Mc Mahon and Dada S , The true costs of road crashes –Valuing life and the cost of serious injury , world bank , 2008

[7] International Development Statistic online databases: http://www.oecd.org/dac/stats/.

(vii) How can such DIB investments be raised and actual improvements implemented?

1 The investments would be raised by getting the main donors of development assistance to Ukraine (Germany. USA , Canada, and EU) to meet and to agree to finance a DIB or by EU DEVCO funding it by itself out of the aid that it gives annually to Ukraine[21]

2 The base position of numbers of deaths and injuries would need to be estimated and agreed (Since police data will under report the actual numbers of casualties) and it may be that the WHO or other independent estimates published periodically or prepared specifically are used as the basis for assessments

3 For a larger country like Ukraine , a team of up to 20 handpicked persons could be placed in key shadow positions within key stakeholders for a periods of up to 3 years (at approx. total cost $7 million leaving $43 million for safety interventions targeting highest risk road user groups) to establish effective working / cooperation between key stakeholders and to mentor/train their respective counterparts in analyzing and implementing safety interventions in their organization's areas of responsibility. For smaller countries investments and teams deployed could be significantly smaller

4 Highest at risk, locations, high risk road user groups and behaviors would be identified and a program of road safety interventions agreed for funding via the investment funds provided via the DIB

5 The program of interventions would then be implemented and closely monitored to ensure effectiveness

6 Final evaluations could be based on WHO or other agreed independent estimates of "30 day deaths"[22] in the country at end of the agreed project period and compared with the independent estimated deaths established at commencement of the investment .

(vii) What needs to be done?

1 EBRD / EIB / EU need to organize a meeting / workshop / seminar and to invite key donors and relevant sections of European Commission (DG MOVE , DEVCO etc.) to discuss the feasibility of the proposed road safety DIB

2 Funding rose from EU or a number of Donors to create the road safety DIB for a pilot country or sub region

3 Implementation of the DIB in Ukraine or other pilot country to demonstrate the efficacy of the approach

4 Widespread development and application of road safety development impact bonds across the Low and Medium Income Countries (LMICs)

END

Alan Ross
Mobile +44 7801 428 082 landline (up) +44 191 265 0060
E mail alanrosss999@gmail.com skype alan.ross999

[21] Ukraine just used as an example to illustrate the process actual pilot could be in another country if desired

[22] definitions of death used in different countries vary from 1 day , 7day , 30 day etc. and it is necessary for international comparison to convert to the internationally recommended definition of " 30 day deaths" Any WHO or other independent estimates (by taking data from health sector and police) would make such adjustments and take into account the under reporting of casualties , to derive best estimates of actual 30 day deaths and injuries occurring in a country .

Table 2: Crash costs and development assistance (AID) in the 25 countries receiving most aid from EU

Country	Population (WHO/CIA Fact book)	Income level (WHO - part only)	Annual road deaths[23] (WHO 2013)	Minimum Annual serious injuries	2010 GDP per capita (IMF) (millions US$)	2010 GDP Total (million US$)	Annual cost of road crashes (million US$)	Crash Costs as a % of GDP	Total development assistance/aid (million US$)	Development assistance/aid from DAC-EU members, (million US$)	Crash losses/ total DAC aid	Crash losses/ DAC- EU aid
Dem Rep Congo	65,965,796	Low	13,764	137,640	$297	$19,591	$1000	5.1	2,389.01	1955.87	4.19	5.12
Afghanistan	31,411,742	Low	6,209	62,090	$457	$14,354	$993	6.9	5,493.94	1252.3	0.18	0.79
Congo	4,042,899	Middle	692	6,920	$199	$803	$48	6.0	1,215.44	1154.58	0.04	0.04
India	1,224,614,272	Middle	231,027	2,310,270	$1,397	$1,710,909	$79,078	4.6	2,219.60	1120.88	35.63	70.55
Tanzania	44,841,224	Low	10,162	101,620	$527	$23,612	$1,873	7.9	1,655.71	810.71	1.13	2.31
Mozambique	23,390,765	Low	4,315	43,150	$394	$9,209	$595	6.5	1,359.42	809.79	0.44	0.73
China	1,348,932,032	Middle	275,983	2,759,830	$4,433	$5,980,303	$299,765	5.0	748.15	777.8[24]	400.68	385.38
Ethiopia	82,949,544	Low	14,606	146,060	$320	$26,575	$1,638	6.2	1,929.38	768.17	0.85	2.13
Pakistan	173,593,384	Middle	30,131	301,310	$1,017	$176,478	$7,505	4.3	2,418.01	668.59	3.10	11.22
Viet Nam	87,848,460	Middle	21,651	216,510	$1,224	$107,548	$6,494	6.0	1,831.38	637.2	3.55	10.19
Bangladesh	148,692,128	Low	17,289	172,890	$675	$100,357	$2,859	2.8	883.59	505.58	3.24	5.65
Kenya	40,512,678	Low	8,484	84,840	$795	$32,198	$1,652	5.1	1,160.53	503.52	1.42	3.28
Uganda	33,424,683	Low	9,655	96,550	$515	$17,197	$1,739	10.1	1,036.28	500.47	1.68	3.47
Ghana	24,391,823	Middle	5,407	54,070	$1,319	$32,175	$1,747	5.4	899.98	482.94	1.94	3.62
Sudan	43,551,940	Middle	10,935	109,350	$1,488	$64,792	$3,986	6.2	1,539.19	440.01	2.59	9.06
Morocco	31,951,412	Middle	5,759	57,590	$2,795	$89,320	$3,944	4.4	598.95	420.11	6.59	9.39
Liberia	3,994,122	Low	760	7,600	$324	$1,293	$86	6.7	703.18	408.2	0.12	0.21
Brazil	194,946,488	Middle	43,869	438,690	$10,993	$2,143,036	$118,151	5.5	403.22	391.76	293.02	301.59
Nigeria	158,423,184	Middle	53,339	533,390	$1,443	$228,638	$18,860	8.2	849.96	349.5	22.19	53.96
Colombia	46,294,842	Middle	7,225	72,250	$6,186	$286,381	$10,950	3.8	787.20	330.74	13.91	33.11
Tunisia	10,480,934	Middle	1,974	19,740	$4,207	$44,091	$2,035	4.6	355.30	320.61	5.73	6.35
Mali	15,369,809	Low	3,544	35,440	$613	$9,422	$760	8.1	684.65	317.53	1.11	2.39
Rwanda	10,624,005	Low	2,118	21,180	$529	$5,625	$392	7.0	547.89	308.69	0.72	1.27
Egypt	81,121,080	Middle	10,729	107,290	$2,698	$218,894	$7,093	3.2	371.10	307.09	19.11	23.10
Senegal	12,433,728	Middle	2,421	24,210	$1,034	$12,855	$613	4.8	534.40	303.5	1.15	2.02
TOTALS	3,943,802,974		792,048	7,920,480	48,552	11,531,991	582,872	5.1	32615.46	15846.18	17.87	36.78

[23] The most recent 2013 global status report reports global data from 2010 so all other items GDP .losses. Aid flows etc. , are based on 2010 figures for consistency

[24] The total development assistance coming to China from all sources should be larger than from the DAC-EU members alone, but that is how the figures are presented at the International Development Statistics (IDS) online database: http://www.oecd.org/dac/stats/idsonline.htm. There is clearly an error there

ANNEX A

ROAD SAFETY DEVELOPMENT IMPACT BOND: POSSIBLE PILOT PROJECT

ROAD SAFETY IMPROVEMENT IN UKRAINE : A NEW APPROACH TO FUNDING[25]

THE SOCIAL ISSUE

Road safety is a growing problem in all countries around the world and this is also true for Ukraine. In spite of a relatively small vehicle fleet, Ukraine has one of the highest road traffic fatality rates in Europe - 13.47 per 100,000 populations and this rate is 4 times as high as the very best countries and 2 times as high as the average fatality rates in Europe. In 2011 official statistics indicated that the number of road traffic deaths ranked Ukraine the fifth highest amongst the European countries whilst the numbers of pedestrians killed in Ukraine was the highest in Europe.

Every year WHO estimate that there are over 6100 persons killed and at least 61 000 persons seriously injured on the roads in Ukraine? Vulnerable road users – pedestrians and cyclists – account for 45% of the total number of traffic-related deaths. During just the last 5 years 10,000 pedestrians died and 60,000 were injured. Children and young people are the highest risk for road accidents group in Ukraine. In 2013, 259 children died and 4,204 were injured on Ukrainian roads. Deaths and injuries have a huge social impact upon the permanently disabled and on the families of those killed or injured as they may suffer serious financial hardship as a result of the loss of a wage earner or the added costs of caring for a permanently disabled family member

Table A1: Basic statistics on road crashes and their socio-economic impact on economy of Ukraine

Item /Aspect	Ukraine
Population	45,448,330
Estimated Road deaths[26]	6121
Estimated Serious injuries	61210
Deaths /100,000 population	13.47
Estimated Economic losses resulting from road crashes ($millions)[27]	4459.92
Loss as % age of GDP	3.3%
Total Aid received (all sources,$millions)[28]	626.40

Apart from their social impacts on casualties and their families, road crashes are estimated to cost Ukraine around 3.3% of it's annual GDP and now result in total losses to the economy of around $4,460 million annually. It should be a matter of serious concern both to Ukraine government and to the donors /providers of external aid that such annual losses from road crashes are now over 7 times greater than the total development assistance of $626 million that Ukraine receives from all sources combined. Such recurring losses are now undoubtedly inhibiting the economic and social development of the country and sadly such huge recurring losses will continue year after year unless effective action is taken to address road safety issues and to reduce the numbers of persons killed or injured.

The total number of road traffic deaths and their socio -economic impact in Ukraine is unacceptably high and urgent action needs to be taken to improve the situation

.

THE OPPORTUNITY – WHY IS A NEW FINANCE MODEL NEEDED?

Road safety is clearly a serious problem in Ukraine deserving much more attention than it has received in the past. Failure to address road safety effectively and to invest in its improvement is resulting in Ukraine incurring huge costs annually that are inhibiting its social and economic development and leaving its citizens exposed to unnecessary and largely avoidable risks of death or injury.

[25] Case study for Ukraine developed using the case study format presented in the report of the development impact bond working group " investing in social Outcomes : Development Impact Bonds ", Centre for Global Development and Social Finance , 2012

[26] WHO global status report

[27] calculations based on Mc Mahon and Dadah S , The true costs of road crashes –Valuing life and the cost of serious injury , World Bank , 2008

[28] International Development Statistic online databases: http://www.oecd.org/dac/stats/.

Unfortunately previous attempts by the Ukrainian government to address road safety have not proved to be effective due to absence of a systematic approach and absence of an effective management structure to oversee, coordinate and finance road safety. Even though Ukraine government made supportive statements, made a commitment to improve road safety as its contribution to the UN Decade of road safety and even authorized preparation of a road safety strategy and action plan, no funding or resources were ever made available to the implementing agencies to do this. As a result, despite 3 years having passed, these documents have still not been finalized and no serious nationwide safety interventions have yet been implemented in Ukraine

However, despite insufficient action at national level, there is now a network of local stakeholders at grass roots level, who are concerned about the problem and are willing and keen to contribute to road safety improvement in Ukraine and there are some good examples of successful initiatives implemented by such local road safety NGOs. Unfortunately they have had only very limited funds to date so their impact is limited at present but this could be increased significantly if funds were available Some multilateral development banks (MDBs) working in Ukraine and some larger private companies have also demonstrated willingness to invest in road safety so there is potential to do more if all such interested parties could be mobilized and harnessed in a common direction.

The Ukrainian government has not yet fully recognized the scale of the huge socio-economic impact that road crashes and casualties are having on Ukraine and in the past it has been reluctant to fund interventions in road safety as it has tended to see such expenditure as a "cost" rather than as an" investment" Even though the development banks are keen and willing to lend for road safety, the Ukraine government has not been willing to borrow for this purpose. There is a need to find a solution that can provide the necessary funding and allow the diversity of players – public, private and non-profit – to work together and complement the contributions each player can make to achieve the results, which none could achieve on their own.

One solution may be to consider the use of road safety Development Impact Bonds (DIBs) to provide the necessary funding to enable comprehensive road safety program to be implemented. DIBs are a new financing instrument to rise funding and to bring together the diversity of players involved in road safety in order to use the best resources and expertise each player can offer. A DIB could rapidly scale road safety interventions to reduce the number of those killed and injured in traffic crashes and make gains sustainable in the longer term – potentially reducing the number of deaths by 40-50% over the next decade.

TARGET LOCATION AND POPULATION

In order to demonstrate the efficacy of the road safety DIB in Ukraine, an initial 3-year implementation project is proposed, which would involve investing in road safety and implementing appropriate targeted road safety programs in a coordinated fashion. Estimates are that at least 10% reduction in the number of traffic deaths can be achieved within a 3 project period

If the implementation project is successful (and there is strong evidence from other former Soviet Union countries that it can be so[29]) this approach could then be extended to the other low and middle income countries (LMICs) initially in TRACECA region and later, if desired worldwide.

OUTCOMES METRICS AND PROPOSED INTERVENTION

The aim of the program would be to reduce the numbers killed and injured in traffic accidents in Ukraine by at least 10% over a period of 3 years. The Ukrainian government faces a number of constraints in addressing road safety – political, financial and operational – and these have result in severe underinvestment in the past in road safety, particularly in prevention activities. The main reason for this low priority to road safety is that there is no effective organizational structure to manage and coordinate road safety and no lead agency responsible for implementing road safety initiatives. . Moreover, the economic losses are still under appreciated by the Ukrainian government and the only way to change that is to identify and convince the key senior officials and politicians so that they will

[29] Many ex soviet countries between 2011-2011 made huge reductions in road deaths by applying the systematic approaches and interventions that would be applied in Ukraine as follows Bulgaria (-35%) , Czech Republic (-47%) Hungary (- 48%) , Poland (-24%) , Slovakia (47%) and Slovenia (-49%)

understand the need to invest in road safety and to mentor and assist relevant specialists to implement safety interventions in their areas of expertise.
The solutions and techniques for reducing casualties are now well known, catalogued and proven so once the same approaches and techniques that have been successfully applied in other countries are applied in Ukraine through a properly funded program of interventions there is little risk that the desired outcomes will not be delivered .

ADDED VALUE OF A DEVELOPMENT IMPACT BOND (DIB)
The DIB model differs from traditional AID approaches applied previously in Ukraine in a number of important ways. Table A2 highlights the value/benefit of applying a DIB in the context of reducing traffic deaths and injuries in Ukraine.

ROLE OF PARTNER GOVERNMENT
There are a number of government agencies implementing road safety activities in Ukraine: Ministry of Internal Affairs, Ministry of Infrastructure, Ministry of Health, Ministry of Education and Science, Ministry of Emergencies, State Agency of Automobile Roads of Ukraine (Ukravtodor) and State Inspection of Ukraine on Safety of the Land Transport.

The Department of the State Automobile Inspection of the Ministry of Internal Affairs takes responsibility for overseeing and coordinating most of road safety activities in Ukraine:

- development and revision of legislation;
- periodic review of legislation, rules and standards against best practice, and recommendations for improvement;
- development of road safety programs;
- coordination of education campaigns;
- establishing and supporting data systems that are used to monitor road safety outcomes;
- compilation of national statistics;
- Enforcement, etc.

As such, it would be essential to ensure that the relevant government agencies are fully involved with the data collection and tracking process and well informed about program development to maintain coordination across different levels of government during the road safety interventions.

POTENTIAL OUTCOMES: FUNDERS
It is anticipated that donor and development agencies that have a long history of donating and /or investing in Ukraine and wish to improve the effectiveness and impact of their aid donations and investments would be the most likely organizations to invest in a road safety development impact Bond to deliver the outcomes within this contract. As indicated above Ukraine is now losing more annually through deaths and injuries on roads than the **total development assistance the country receives from all sources combined**. Development assistance is supposed to provide external "additional funding" to assist Ukraine in its social and economic development but the very poor road safety situation and the resulting annual losses sustained by Ukraine economy negates the potential effects and benefits of the development aid being received.. This situation leads to lack of effectiveness and it is therefore in the interests of aid donors as well as the Ukraine government to consider new "results-based approaches" to aid programmes and possible use of a Road Safety DIB to improve safety in Ukraine

POTENTIAL INVESTORS
Investors may include:

- Local insurance companies, fleet companies and other commercially motivated investors.
- MDBs willing to co-finance DIBs in Ukraine and facilitate private sector investment
- EU DEVCO which provide development aid to Ukraine
- Bilateral donors who provide development assistance to Ukraine may find it more worthwhile in terms of impact , to invest in a road safety DIB as reduction of losses may do more for socio economic development of Ukraine people than the aid they provide

They would invest in various amounts to own their " part share" of the $50 million Bond and would receive a proportional amount back (based on their investment) from the outcome payments received . It may be that the EU and bilateral aid agencies (who are primarily interested in assisting a country to develop and not necessarily in a return on their investment) may be willing to fund such a DIB without seeking any financial return back from the Government. Instead an agreement could be made that any savings accruing to government from such reductions in road deaths should be invested by government in improving health , education or other area of need in that country. In such circumstances all the funds for the DIB would need to be provided as a grant by EU or the bilateral aid agencies. Given that Ukraine receives $626 million in aid each year. it might be would worth donors investing just $50 million(less than 8%) of that grant aid to finance a road safety DIB as that is likely to save Ukraine around $466 million if only a 10 % saving can be achieved and $932millions if 20% saving is achieved

Where commercial investors subscribe to set up the Road Safety DIB, They would expect to share in the savings achieved if the target reductions are achieved and it may be that any savings in such circumstances would be shared between the government and the investors. For the purposes of illustration it is assumed that the funding comes out of the development aid provided by EU and / or bilateral aid agencies and that any savings made accrue and remain with the Ukraine government

Table A1: Road safety improvement in Ukraine: Illustrative investor proposition

Road Safety Improvement in Ukraine: illustrative investor proposition
Geography: Ukraine
Capital requirement: $50 million
Range of outcome benefits $**466- $932** million (assuming a 10 -20 % reduction in road deaths)
Investment term: 3 years
Impact objectives: • Years 1-3: ≥ 10% reduction of road deaths and injuries **Base case:** • Assumes traffic deaths and injuries are reduced at least by 10% (and possibly up to 20%) • Assumes value of a 10% saving is $446 million • Assumes the "saving" is retained by government. • Potential return on investment - if 10 % saving 830% - if 20% saving 1760% If commercial investors are involved, the savings might be shared equally between government and investors (although in practice even a sharing of 85% to government and 15% to commercial investors would give a very lucrative (and ethically more acceptable) return to commercial investors of around 38%)
Payment mechanism: Payments at the end of 3 years provide a risk related return to investors in the event of success.
Threshold: Delivery payments only triggered once at least 10% reduction in road traffic deaths and injuries is achieved (Confirmation of saving to be calculated by an independent body (egg WHO or other organization) If funded by development aid providers the "savings" to be retained by Government and applied as agreed between donors and government . If funded by investors the " savings " distributed as agreed contractually between government and investors

GOVERNMENT OF UKRAINE and INVESTOR AGREEMENTS/CONTRACTS

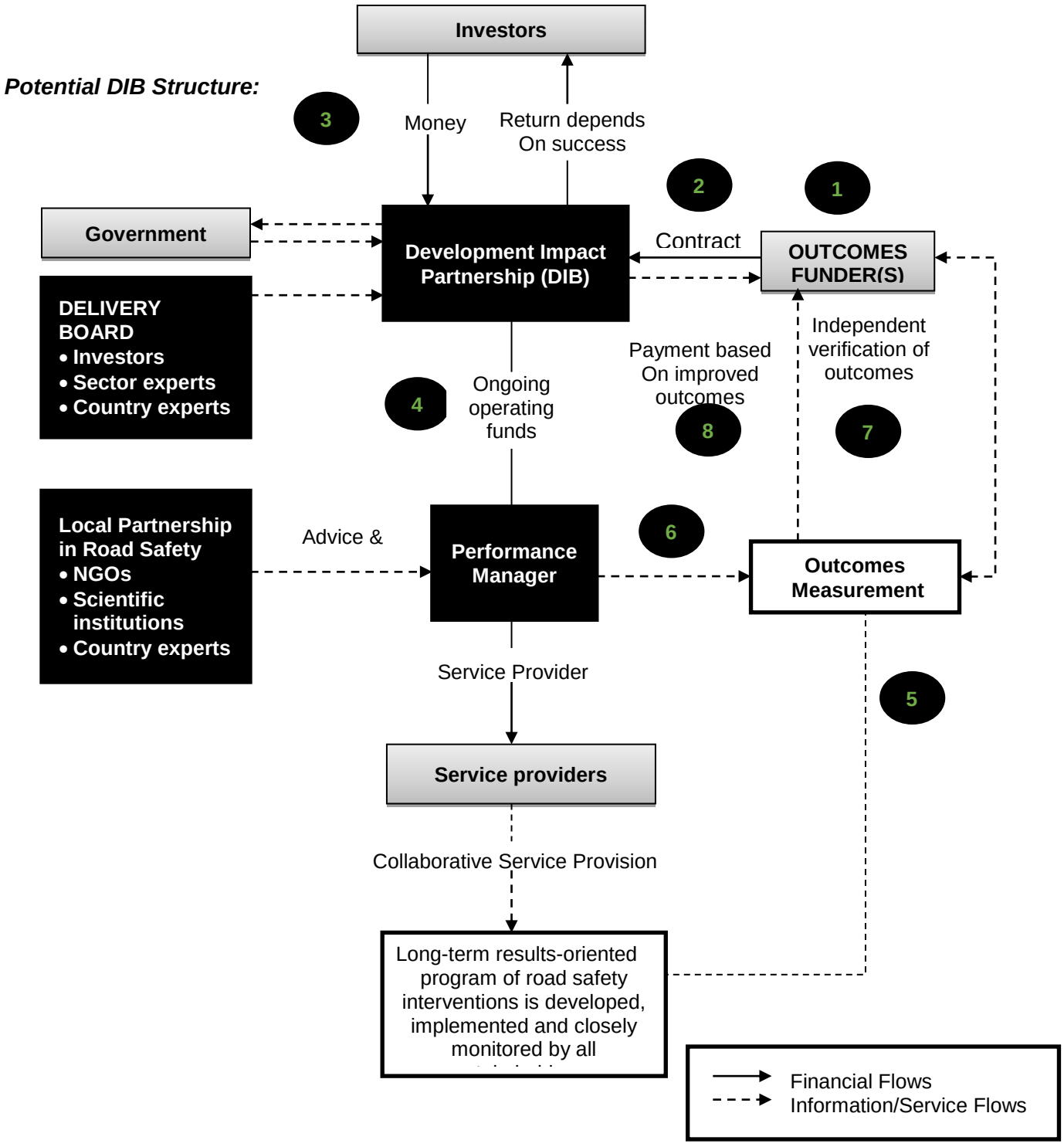
If DIB is funded by commercial investors, Government of Ukraine would have to agree a "Payment for Success "contract where a payment would be made (say xx% % of the saving achieved[30]) to bond investors /implementers if

[30] most investors involved in in social impact bonds expect returns only of around 5% but that is likely to be insufficient for commercial investors seeking investments via development impact bonds in more volatile developing countries with perceived higher risks. There they would expect a higher return to reflect higher risk. Conversely being seen to be taking obscenely high profits (eg if a 50 :50 share of profits was applied) from the developing world albeit through doing good work of saving lives will be politically unacceptable for public relations reasons . A profit share ratio of around 85: 15 is likely to be more acceptable and still delivers a healthy return of 38% on a $50 million investment .(Investors in Public Finance Initiative (PFI) contracts in UK where private sector provides funding for infrastructure investments in return for a guaranteed income stream from government typically seek 25-30 % return on investment so a 38% return would be very attractive for such investors as well as being politically justifiable in view of the perceived higher risk)

They delivered the agreed target reductions in road deaths as estimated by the independent assessor. Alternatively if the road safety DIB is funded through grants from aid agencies, government may have to agree that any "savings "achieved by delivering the target reductions have to be invested into areas as agreed with aid agencies

Table A3: How a Road Safety Development Impact Bond could add value

	Value of a DIB	Other aid approaches
Road safety improvement requires substantial investment in advance	An estimated $50 million investment would be needed to roll out 3-year road safety program. With a DIB, either aid donors could provide grant funding or private investors could provide the money and working capital needed to roll out the program. Because the repayment of the principal and return is provided only in case of success, the investors are highly motivated to deliver the results. Donors do not pay unless outcomes are successfully verified. If funded by commercial investors any savings achieved to be shared 50:50 with government If funding is provided from EU or bilateral aid as grants to fund the DIB , the resulting "savings" from achieving targets can be retained by government and used in areas as agreed with the aid agencies (This maybe a much more effective use of aid as it will convert the $50 million investment into a $466 million saving for country even if only 10% reduction is achieved	**Traditional Aid:** A results based structure enables donors to transfer delivery risk to a third party (partner government, service provider or investor) better suited to manage this risk rather than paying regardless of whether or not the intervention was successfully delivered as in a traditional input-based approach.
Large-scale road safety program requires successful partnership and stakeholder coordination	The success of the program depends on effective cooperation of major stakeholders working together to achieve a common outcome. The DIB model offers clear management structure with a specified DIB coordinator (e.g. a performance manager) having overall responsibility for bringing actors together to deliver the intervention. Detailed reports of service provider performance will ensure that delivery remains on track.	**Traditional Aid:** Although funding could be provided through a traditional service contract, success relies on the individual stakeholders working together. There is little incentive for them to do so in a traditional service contract.
Discipline in delivery is crucial to achieving sustainable results	As payments back to investors depend on successful delivery, investors have a very strong financial incentive to monitor performance and ensure effective delivery to ensure they get a return.	**Traditional Aid:** Payment from donors in traditional service provider contract is not necessarily dependent on ability to deliver interventions, nor success in achieving outcomes
Great transparency around the impact of funding	Outcomes would be independently verified before payments are released. This process is central to a DIB contract and ensures that outcomes funders only pay for outcomes which have been achieved. This mechanism should improve accountability in terms of development spending and outcomes achieved.	**Traditional Aid: T**raditional service provider contracts do not automatically require verification of results, there is often limited understanding about the impact of development spending and outcomes achieved.



1 – A range of potential relationships are possible between donor agencies and partner governments – where donor agencies and partner governments co-fund the outcomes payments, they will both act as an Outcomes Funder
2 – Development Impact Partnership (DIP), a new corporate entity, contracts with Outcomes Funder(s)
3 – Investors provide upfront financing to DIP
4 – DIP funds and manages service providers to generate outcomes – performance manager hired by DIP to work-in-country
5 – Measurement and reporting of contracted outcomes/outputs either by the DIP or by an independent third party as appropriate
6 – Performance manager reports additional management information and data to outcomes funders as appropriate
7 – Independent verification of contacted outcomes/outputs
8 – Outcome Funder(s) pay according to outcomes/outputs achieved

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

625.7/.8(082)(0.034.4)
625.76(082)(0.034.4)
338.47(082)(0.034.4)
502.17:625.7/.8(082)(0.034.4)
007:625.7]:004(082)(0.034.4)

Српски конгрес о путевима (1 ; 2014 ; Београд)
Зборник радова [Електронски извор] = Proceedings / Први српски конгрес о путевима, 5-6. јун 2014., Београд First Serbian Road Congress, June 5-6 2014., Belgrade ; уредници Милан Вујанић, Биљана Вуксановић. - Београд : Српско друштво за путеве "VIA-VITA", 2014 (Београд : Омнибус). - 1 електронски оптички диск (CD-ROM) : текст, видео, звук ; 12 cm

Системски захтеви: Нису наведени. - Насл. са насловног екрана. - Радови на срп. и енгл. језику. - Тираж 300. - Библиографија уз већину радова. - Резимеи ; Abstracts..

ISBN 978-86-88541-02-2
a) Путне мреже – Пројектовање – Зборници
b) Путеви – Финансирање – Зборници c)
Путне мреже - Животна средина – Зборници d)
Путне мреже - Информациони системи –
Зборници
COBISS.SR-ID 207607308