

## **ЗБОРНИК РАДОВА**

“Пут и животна средина” Врњачка Бања, 23-25 октобар 2019.

## **PROCEEDINGS**

“Roads and Environment”, Vrnjacka Banja, Serbia, October 23-25, 2019.

Издавач

Српско друштво за путеве “Via Vita”

Булевар Пека Дапчевића 45, 11000 Београд

За издавача

Биљана Вуксановић, дипл. инж. грађ.

Уредници

Доц. др Сања Фриц, дипл. инж. грађ.

В.проф. др Горан Младеновић, дипл. инж. грађ.

Графички дизајн

Омнибус, Београд

Штампа

Елите Принт, Београд

Тираж

120

ISBN 978-86-88541-12-1

# **ЗБОРНИК РАДОВА**

“Пут и животна средина” Врњачка Бања, 23-25 октобар 2019.

# **PROCEEDINGS**

“Roads and Environment”, Vrnjacka Banja, Serbia, October 23-25, 2019.

Српско друштво за путеве “Via Vita”  
Београд, 2019. година

**Шести научно-стручни скуп “Пут и животна средина”**  
Врњачка Бања, 23-25 октобар 2019.

**The 6th Scientific-Expert Meeting “Road and Environment”**  
Vrnjaska Banja, Serbia, October 23-25, 2019.

**Организатори**

Српско друштво за путеве “Via Vita”  
Институт за путеве а.д. Београд  
Грађевински факултет Универзитета у Београду

# САДРЖАЈ

## Уводна реч

### ■ ТЕМА 1 / Регулатива и међународна сарадња

#### LEGISLATION AND INTERNATIONAL COOPERATION

UVOĐENJE SOCIJALNIH ASPEKATA U DOSADAŠNJU PRAKSU I REGULATIVU  
STUDIJA O PROCENI UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

IMPLEMENTATION OF SOCIAL ASPECT IN EIA STUDIES WITHIN CURRENT POLICIES

Dušan Savković, Aleksandra Jovanović ...

1

PRIMENA MEĐUNARODNIH STANDARDA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE I  
DRUŠTVENO-EKONOMSKIH PITANJA: SRBIJA I REGION

APPLICATION OF INTERNATIONAL STANDARDS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION  
AND THE PROTECTION OF SOCIAL ISSUES: SERBIA AND THE REGION

Ana Pavlović ...

14

### ■ ТЕМА 2 / Утицаји пута и саобраћаја на окружење

#### ROAD AND TRAFFIC IMPACTS ON ENVIRONMENT

MORTALITET NEKIH PREDSTAVNIKA FAUNE VERTEBRATA NA PUTEVIMA  
REZERVATA ZASAVICA (PRILOG 2)

MORTALITY OF SOME REPRESENTATIVE FAUNA VERTEBRATA OF THE ROAD RESERVE  
ZASAVICA (ANNEX 2)

Stanković Mihajlo ...

26

EFEKTI PRIMENE ELEKTRIČNIH VOZILA NA ŽIVOTNU SREDINU

ENVIRONMENTAL IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE APPLICATION

Nemanja Stepanović, Vladan Tubić, Marina Milenković ...

34

METODOLOGIJA PRORAČUNA HELIKOPTERSKE BUKE PRIMENOM INM  
MODELA

HELICOPTER NOISE CALCULATION METHODOLOGY – APPLICATION OF INM NOISE  
MODEL

Miloš Lukić, Dejan Gavran, Sanja Fric, Vladan Ilić, Filip Trpčevski,  
Stefan Vranjevac ...

46

УТИЦАЈ ПОВЕЋАЊА ОГРАНИЧЕЊА БРЗИНЕ НА АУТОПУТЕВИМА У  
РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ НА НИВО ЗАГАЂЕЊА БУКОМ

THE IMPACT OF INCREASING SPEED LIMITATIONS AT HIGHWAYS IN THE REPUBLIC OF  
SERBIA TO THE NOISE POLLUTION LEVEL

Милош Малбаша, Владимир Ђорић, Владан Тубић...

55

ANALIZA UTICAJA RAZVOJA PUTNE INFRASTRUKTURE NA ŽIVOTINJSKA STANIŠTA IMPACT OF ROAD INFRASTRUCTURE INCREASE ON NATURAL HABITAT Sanja Fric, Dejan Gavran, Vladan Ilić, Filip Trpčevski, Stefan Vranjevac, Miloš Lukić ...	61
AUTOMOBILI NA ELEKTRO POGON – POTENCIJAL ZA SMANJENJE EMISIJE CO <sub>2</sub> -e U SAOBRAĆAJU ELECTRIC VEHICLES – POTENTIAL FOR REDUCING CO <sub>2</sub> -e EMISSION IN ROAD TRAFFIC Radomir Mijailović, Dalibor Pešić, Đorđe Petrović ...	69
АНАЛИЗА УТИЦАЈА ОГРАНИЧЕЊА БРЗИНА НА ВАНГРАДСКИМ ПУТЕВИМА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ ANALYSIS OF SPEED LIMIT IMPACT ON ENVIRONMENT ON NON URBAN ROADS Драгана Божић, Владан Тубић ...	75
РИМСКИ ПУТЕВИ У СРБИЈИ - ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА У ЦИЉУ ЗАШТИТЕ И ПРОМОВИСАЊА КУЛТУРНОГ НАСЛЕЂА ROMAN ROADS IN SERBIA: THE IMPORTANCE OF THEIR RESEARCH WITH THE PURPOSE OF CONSERVATION AND PROMOTION OF CULTURAL HERITAGE Никола Марковић ...	87
IMPLEMENTACIJA DRUŠTVENO-EKONOMSKIH STANDARDA PRI REALIZACIJI LINIJSKIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA; PREDNOSTI I IZAZOVI IMPLEMENTATION OF SOCIO-ECONOMIC STANDARDS IN THE PERFORMANCE OF ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS; ADVANTAGES AND CHALLENGES Jovana Arsić ...	97
IZRADA PROPUSTA ZA MIGRACIJU SITNIH ŽIVOTINJA U OKVIRU ZAŠTITNE ZONE SPECIJALNI REZERVAT PRIRODE “LUDAŠKO JEZERO” IZMEĐU NASELJA HAJDUKOVO I PALIĆ BUILDING OF PLAIN CONCRETE PIPE FOR SMALL ANIMALS MIGRATION IN THE SCOPE OF PROTECTED ZONE SPECIAL NATURE RESERVATION “LUDAŠKO JEZERO” BETWEEN HAJDUKOVO AND PALIĆ SETTLEMENTS Branimir Ivanković, Nikola Vasiljević ...	107
UTICAJ RASKRSNICA REGULISANIH SVETLOSNIH SIGNALIMA NA POTROŠNJU GORIVA SIGNALIZED INTERSECTION EFFECT ON FUEL CONSUMPTION Anica Kocić, Nikola Čelar, Jelena Kajalić, Stamenka Stanković ...	119
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE PRI PLANIRANJU KORIDORA AUTO-PUTEVA NA PRIMERU STRATEŠKE PROCENE UTICAJA PROSTORNOG PLANA PODRUČJA POSEBNE NAMENE INFRASTRUKTURNOG KORIDORA AUTOPUTA E-80, DEONICA NIŠ-MERDARE NA ŽIVOTNU SREDINU	

---

ENVIRONMENTAL PROTECTION IN HIGHWAY CORRIDORS PLANNING: STRATEGIC ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE SPECIAL PURPOSE AREA SPATIAL PLAN FOR THE INFRASTRUCTURAL CORRIDOR OF HIGHWAY E-80, SECTION NIŠ-MERDARE Ljubiša Bezbradica, Boško Josimović, Saša Milijić ...	127
PRAVILNO ISKORIŠĆENJE PROSTORA PRI PROJEKTOVANJU SAOBRAĆAJNICA U GRADOVIMA OPTIMIZE USAGE OF THE SPACE IN THE URBAN STREETS DESIGN Stefan Vranjevac, Dejan Gavran, Sanja Fric, Vladan Ilić, Filip Trpčevski, Miloš Lukić ...	135
EKSTERNI TROŠKOVI SAOBRAĆAJA ZNAČAJNI SA ASPEKTA UTICAJA PUTA NA ŽIVOTNU SREDINU - DP IB 21 NOVI SAD – RUMA EXTERNAL COSTS OF TRANSPORT SIGNIFICANT FROM THE ASPECT OF THE EFFECT OF THE ROAD ON ENVIRONMENT - DP IB 21 NOVI SAD – RUMA Marijo Vidas, Vladan Tubić, Draženko Glavić ...	147
ANALIZA UTICAJA REKLAMNIH SADRŽAJA PORED PUTA NA DISTRAKCIJU PAŽNJE VOZAČA S POSLEDICAMA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA ANALYSIS OF THE IMPACT OF ROADSIDE ADVERTISING SIGNS ON DRIVERS' ATTENTION DISTRACTION WITH IMPLICATIONS ON TRAFFIC SAFETY Vladan Ilić, Dejan Gavran, Sanja Fric, Filip Trpčevski, Stefan Vranjevac, Miloš Lukić ...	157
OPTIONS FOR LOW CARBON MOBILITY AND TRANSPORT IN SLOVENIA: THE RESULTS OF THE PROJECT ASTUS Andrej Gulič ...	167
OPCIONE ANALIZE UZ IDEJNI PROJEKAT AUTOPUTA E80 NIŠ-PLOČNIK OPTION ANALYSIS AS PART OF E80 NIŠ-PLOČNIK HIGHWAY PRELIMINARY DESIGN Tomislav Miličević ...	175
SISTEM ZA KOČENJE KAO IZVOR ČESTICA NA VOZILU BRAKING SYSTEM AS A SOURCE OF PARTICLES ON VEHICLE Saša Vasiljević, Jasna Glišović, Nadica Stojanović, Ivan Grujić ...	181
UTICAJ POROZNIH ASFALTA NA ŽIVOTNU SREDINU THE INFLUENCE OF POROUS ASPHALTS ON THE ENVIRONMENT Isidora Pančić ...	193
MESTO UMORA VOZAČA U STRUKTURI ČOVEK-VOZILO-PUT I OKRUŽENJE DRIVER FATIGUE PLACE IN THE STRUCTURE MAN-VEHICLE-ROAD AND ENVIRONMENT Jelica Davidović, Dalibor Pešić, Boris Antić ...	201

- ANALIZA PROGNOZIRANIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA ZA BUDUĆI AUTOPUT  
POJATE – PRELJINA I UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU  
POJATE – PRELJINA MOTORWAY TRAFFIC FORECAST AND ENVIROMENTAL IMPACT  
Miloš Mladenović, Nemanja Stepanović, Miloš Petković ... 209
- UTICAJ MREŽE ŠUMSKIH PUTEVA I VLAKA NA INTENZITET POVRŠINSKOG  
OTICAJA I EROZIONIH PROCESA NA SLIVU JELOVIČKE REKE U PARKU  
PRIRODE „STARA PLANINA“  
FOREST ROAD AND SKID TRAIL NETWORK IMPACTS ON SURFACE RUNOFF AND EROSION  
INTENSITY IN THE JELOVIČKA RIVER WATERSHED - "STARA PLANINA" NATURE PARK  
Ratko Ristić, Vukašin Milčanović, Siniša Polovina, Ivan Malušević, Boris Radić,  
Zoran Nikić, Igor Petrović ... 219
- ПУТЕВИ КАО КОРИДОРИ ШИРЕЊА ИНВАЗИВНИХ ВРСТА БИЉАКА (КОРОВА)  
ROAD AS A CORRIDOR SPREAD OF INVASIVE SPECIES OF PLANTS (WEEDS)  
Драгана Марисављевић, Ана Анђелковић, Горан Тмушић,  
Данијела Павловић ... 229
- **ТЕМА 3 / Утицаји климатских промена и других фактора на саобраћај  
и путну инфраструктуру**  
IMPACTS OF CLIMATE CHANGES AND OTHER FACTORS ON TRAFFIC AND  
ROAD INFRASTRUCTURE
- UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA NASTANAK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA  
AUTOPUTEVIMA  
THE EFFECT OF WEATHER CONDITION ON THE OCCURRENCE OF TRAFFIC ACCIDENT  
AT HIGHWAY ROAD  
Dalibor Pešić, Boris Antić, Emir Smailović ... 239
- JOŠ JEDNOM O UTICAJU KLIMATSKIH EKSTREMA NA PROCENU RIZIKA OD  
PLAVLJENJA SAOBRAĆAJNICA I PUTNIH INFRASTRUKTURA  
ONCE MORE ON THE IMPACT OF CLIMATE EXTREMES ON ASSESSMENT OF ROADS  
AND ROAD INFRASTRUCTURE FLOODING RISK  
Stevan Prohaska, Milan Stojković ... 247
- UTICAJ VREMENSKIH NEPRILIKA NA BRZINE VOZILA NA VANGRADSKIM  
DVOTRAČNIM PUTEVIMA  
INFLUENCE POOR WEATHER CONDITION ON THE TRAFFIC FLOW SPEED ON RURAL  
TWO LINE ROADS  
Stefan Stojanović, Vladan Tubić ... 253
- ŠUMSKI SNEGOZAŠTITNI POJASEVI ZA ZAŠTITU PUTEVA: STUDIJA SLUČAJA  
PREVOJ ČESTOBRODICA  
LIVING SNOW FENCES FOR PROTECTION OF ROADS: CASE STUDY CREST  
ČESTOBRODICA  
Mladen Marković, Sara Lukić, Aleksandar Baumgertel, Marko Maslaković ... 267

<p>UTICAJ VREMENSKIH I KLIMATSKIH PROMENA NA ZEMLJIŠTE I PUTNU INFRASTRUKTURU NA PODRUČJU DEONICE DRŽAVNOG PUTA IB REDA BROJ 30, IVANJICA-UŠĆE</p> <p>THE IMPACT OF TIME AND CLIMATE CHANGE ON LAND AND ROAD INFRASTRUCTURE ON THE AREA OF THE STATE ROAD IB ROUTE NUMBER 30, IVANJICA-UŠĆE</p> <p>Zorica Jeremić, Nevena Jeremić ...</p>	275
<p>KRITERIJUMI ZA PROCENU UGROŽENOSTI PUTEVA PRVOG I DRUGOG REDA OD POJAVE BUJIČNIH POPLAVA</p> <p>CRITERIA FOR TORRENTIAL FLOOD RISK ASSESSMENT OF I AND II ORDER ROADS</p> <p>Ratko Ristić, Vukašin Milčanović, Siniša Polovina, Ivan Malušević, Boris Radić ...</p>	283
<p>ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA – UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI, ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11</p> <p>CLOSED SYSTEMS OF HIGHWAY DRAINAGE – INSTALLATION OF OIL AND GREASE SEPARATORS EXPERIENCES IN CONSTRUCTION OF CORRIDOR 10 AND CORRIDOR 11</p> <p>Nataša Joković ...</p>	289
<p>■ <b>TEMA 4 / Управљање ресурсима у путној привреди</b></p> <p><b>RESOURCE MANAGEMENT IN INFRASTRUCTURE</b></p>	
<p>PROCENA EMISIJE CO2 GRAĐEVINSKIH MATERIJALA I GENERISANOG GRAĐEVINSKOG OTPADA NA KORIDORU 10 PRIMENOM SOFTVERA openLCA</p> <p>Nikola Karanović ...</p>	305
<p>UPRAVLJANJE VIŠKOM ZEMLJE IZ ISKOPA - PRAKSA, PROBLEMI I POTREBNA REŠENJA ZA USKLAĐIVANJE SA MEĐUNARODNOM PRAKSOM I PRINCIPIPIMA CIRKULARNE EKONOMIJE</p> <p>MANAGEMENT OF EXCESS SOIL – PRACTICE, PROBLEMS AND NECESSARY SOLUTIONS FOR HARMONIZATION WITH INTERNATIONAL PRACTICE AND THE PRINCIPLES OF CIRCULAR ECONOMY</p> <p>Miloš Despotović ...</p>	313
<p>УТИЦАЈ ПРЕОПТЕРЕЋЕЊА ВОЗИЛА КАО АСПЕКТ УПРАВЉАЊА ПУТЕВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ</p> <p>VEHICLE OVERLOAD INFLUENCE AS AN ASPECT OF ROADS MANAGEMENT AND SAFETY IN THE REPUBLIC OF SERBIA</p> <p>Сузана Стефановић, Братислав Милић, Оливера Ђокић, Маријана Николић Ивановић ...</p>	321
<p>PROIZVODNJA ENERGIJE IZ KOMUNALNOG OTPADA</p> <p>PRODUCTION OF ENERGY FROM MUNICIPAL WASTE</p> <p>Zorana Naunović ...</p>	333



USAGLAŠAVANJE PROJEKTNE I PLANSKE DOKUMENTACIJE SA OGRANIČENJIMA U PROSTORU I INTERESIMA LOKALNE ZAJEDNICE – PRIMER KORIDORA AUTOPUTA POŽEGA-BOLJARE COORDINATION OF A PROJECT AND PLANNING DOCUMENTATION WITH LIMITATIONS IN THE SPACE AND INTERESTS OF THE LOCAL COMMUNITY – CASE STUDY OF THE CORRIDOR POŽEGA-BOLJARE HIGHWAY Nebojša Stefanović, Saša Milijić, Danijela Srnić ...	340
PRIMENA RAZLIČITIH VRSTA REJUVNINATORA KOD RECIKLAŽE STRUGANOG ASFALT APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF REJUVENATORS WITH RECYCLING ASFALT Đorđe Tošković, Pavle Jovanović, Uroš Tatić, Imre Pap ...	348
100% COLD RECYCLED ASPHALT MIXTURE USING A MULTI-FUNCTIONAL REJUVENATING AGENT Shahin Eskandarsefat, Loretta Venturini, Lorenzo Sangalli, Luca Baccellieri, Klajdi Kulla ...	359

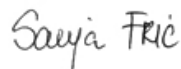
## Уводна реч

Са сигурношћу се може рећи да инфраструктура представља основ опстанка и развоја цивилизације и да ову важну улогу има почевши од настанка човека па све до дана данашњег. Инфраструктура, као физичка и просторна структура омогућава кретање људи, добара, различитих производа и видова енергије. Значајан сегмент јавне инфраструктуре свакако представља саобраћајна инфраструктура (путеви, железнице, аеродроми, унутрашњи пловни путеви и пристаништа).

У складу са њеним значајем за заједницу, као приоритетан задатак се издваја рационално и ефикасно газдовање овим јавним добрима, са посебним освртом на утицај оваквих система на животну средину. Путеви и друмски саобраћај свакако имају и негативни утицај на околину који се мора узети у обзир у свим фазама животног циклуса пута од планирања, преко пројектовања, изградње и експлоатације, до одржавања. Примарни циљ приликом планирања и пројектовања путне инфраструктуре, са аспекта њених (негативних) утицаја на животну средину, пре свега треба да буде проналажење баланса између развоја путне мреже и заштите животне средине.

Шеста конференција „Пут и животна средина“ настоји да одржи континуитет у ангажовању домаће и иностране стручне и научне јавности за савремене проблеме заштите животне средине. Кроз један мултидисциплинарни приступ скуп настоји да укаже на потребу за проналажењем адекватних решења за све проблеме са којима се суочава развој савремене путне инфраструктуре у остваривању актуелних циљева заштите животне средине и рационалног управљања свим расположивим ресурсима.

Ко-председник Научног одбора



Доц. др Сања Фриц, дипл.инж.грађ.



# UVOĐENJE SOCIJALNIH ASPEKATA U DOSADAŠNJU PRAKSU I REGULATIVU STUDIJA O PROCENI UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Dušan Savković<sup>1</sup>

Aleksandra Jovanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mott MacDonald S d.o.o., [dusan.savkovic@mottmac.com](mailto:dusan.savkovic@mottmac.com)

<sup>2</sup> GPC Podgorica, [aleksandra.jovanovic176@gmail.com](mailto:aleksandra.jovanovic176@gmail.com)

**Rezime:** Prema važećim metodologijama svetskih i evropskih finansijskih institucija, kao i EU regulative, značaj socijalnog aspekta se obrađuje ravnopravno sa životnom sredinom u okviru Studija o proceni uticaja na društvo i životnu sredinu (ESIA). Kroz rad je predstavljena uporedna analiza EU regulative sa postojećom praksom i legislativom, a sve kroz studiju slučaja – Idejnog Projekta Obilaznice Budve. Predstavljene su neophodni parametri da bi se procenio uticaj na društvo kao i mere ublažavanja na uticaj izgradnje objekta pre, tokom i posle izgradnje puta.

**Ključne reči:** Studija, socijalni, procena, životna sredina, ublažavanje.

## IMPLEMENTATION OF SOCIAL ASPECT IN EIA STUDIES WITHIN CURRENT POLICIES

Dušan Savković<sup>1</sup>

Aleksandra Jovanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mott MacDonald S d.o.o., [dusan.savkovic@mottmac.com](mailto:dusan.savkovic@mottmac.com)

<sup>2</sup> GPC Podgorica, [aleksandra.jovanovic176@gmail.com](mailto:aleksandra.jovanovic176@gmail.com)

**Abstract:** According to the current methodologies of International and European financial institutions, as well as EU regulations, importance of the social aspects are equally treated as environmental ones, within the Environmental and Social Impact Assessment (ESIA) Studies, for a while now. This paper presents a comparative analysis between EU policies with the existing practice and legislation, all through the case study - the Preliminary Design of the Bypass of Budva. Key parameters for social impact assessment and mitigation measures before, during and after construction of road are presented.

**Keywords:** Study, social, assessment, environment, mitigation.

### 1. Uvod

Unapređenjem regulative Republike Srbije od 2004. godine, Zakonom o životnoj sredini i Zakonom o proceni uticaja na životnu sredinu, stvoren je pravni obavezujući okvir za pružanje posebne pažnje na životnu sredinu kroz Studiju o proceni životne sredine (Environmental Impact Assessment – EIA).

Petnaest godina kasnije, iako je domaća praksa u mnogome napredovala i postavila sjajne standarde i kvalitet izrade EIA, dalji korak sa usklađivanjem lokalne legislative sa EU nije u potpunosti realizovan. Obim istraživanja socijalnih aspekata koji se obrađuju u okviru postojećih EIA, potrebno je proširiti na nivo detaljnosti ravnopravno sa životnom sredinom u okviru Studija o proceni uticaja na društvo i životnu sredinu (ESIA).

Procena socijalnog uticaja (SIA) se primenjuje širom sveta za procenu socijalnih uticaja planova i projekata. U Evropi, direktive o proceni uticaja na životnu sredinu (EIA) zahtevaju pažnju na socijalne uticaje, međutim, postoji potreba da se sprovede istraga u praksi. U tom cilju, koristimo iskustvo stečeno kroz gore navedenu studiju slučaja u Crnoj Gori. Analiza izjava EIA pokazuje uključivanje širokog spektra socijalnih uticaja. Međutim, EIA studije ne odgovaraju u potpunosti interesima javnosti, a socijalni uticaji se ne analiziraju uvek detaljno, mere ublažavanja se ne predlažu ili se odgađaju i geografska distribucija uticaja procenjuje se pristrasno na uključivanje negativnih lokalnih uticaja. Mi raspravljamo o obimu i upravljanju društvenim uticajima i mogućim implikacijama. Na osnovu toga, zaključujemo sa stanovištem da EIA može da se unapredi obogaćivanjem socijalnim uticajima, ako se praksa poboljša.

Jedan od posebnih zadataka u okviru izrade Idejnog projekta Obilaznice Budve (Crna Gora), a u okviru EU regionalnog projekta Connecta, je bila izrada prve zajedničke studije o proceni uticaja na društvo i životnu sredinu (ESIA). Ova studija nije prošla zakonom predviđenu lokalnu proceduru iz prostog razloga što ta procedura nije još definisana, te je izrada ove studije praktično i smernica za usklađivanje sa EU pravnom

---

<sup>1</sup> Mott MacDonald S d.o.o., [dusan.savkovic@mottmac.com](mailto:dusan.savkovic@mottmac.com)

tekovinom i sa uobičajenim zahtevima međunarodnih finansijskih institucija, u ovom slučaju Nemačke razvojne banke KfW.

## 2. Relevantne smernice međunarodnih finansijskih organizacija

Kako su principi ekološke i društvene kompatibilnosti, kao i održivost, ključni za aktivnosti KfW-a, sve mere finansijske saradnje koju finansira KfW razvojna banka već dugo su predmet sveobuhvatne i sistematske procene, kako bi se osigurala kompatibilnost sa okolinom i socijalnim aspektima, kao i drugim ključnim sferama razvojne politike.

U cilju održivosti i izbegavanja negativnih uticaja na životnu sredinu, socijalnih i klimatskih uticaja i rizika, KfW razvojna banka naročito prati sledeće ključne principe za svoje finansijske saradnje mere koje se finansiraju (između ostalog):

- da bi se izbeglo, smanjilo ili ograničilo zagađenje životne sredine i šteta okolini, uključujući emisije štetne po klimu i zagađenje;
- da bi se očuvao i zaštitio biodiverzitet i šume i održivo upravljanje prirodnim resursima;
- da bi se razmotrili verovatni i predvidivi uticaji klimatskih promena, uključujući korišćenje potencijala za prilagođavanje klimatskim promenama. U ovom kontekstu, klimatske promene se podrazumevaju kao varijabilnost klime i dugoročne klimatske promene;
- da bi se izbegli štetni uticaji na životne uslove zajednica, posebno starosedelaca i drugih ugroženih grupa, kao i da bi se osigurala prava, uslovi života i vrednosti starosedelaca;
- da se izbegne i svede na najmanju moguću meru prinudno raseljavanje i prinudno iseljavanje ljudi iz njihovog životnog prostora, kao i da se ublaže negativni socijalni i ekonomski uticaji kroz promene u korišćenju zemljišta putem vraćanja prethodnih uslova života ugroženom stanovništvu;
- da se zaštiti i očuva kulturno nasleđe;
- da se podrži izvršna agencija u upravljanju i praćenju mogućih negativnih uticaja na životnu sredinu, društvene i klimatske promene, kao i rizike u okviru implementacije mera finansijske saradnje.

Sve aktivnosti finansiranja KfW razvojne banke moraju biti predmet interne ekološke i socijalne dubinske analize (Environmental and Social Due Diligence - ESDD) i analize klimatskih promena definisanih u Smernicama. Aktuelna ESIA ima za cilj da podrži proces donošenja odluka ovog internog ESDD-a.

Smernice održivosti KfW razvojne banke i mera finansijske saradnje odnose se na zahteve Međunarodne finansijske korporacije (u daljem tekstu: IFC). IFC je članica grupe Svetske banke i priznata je kao međunarodni lider u politici zaštite životne sredine i socijalne održivosti. Kao deo "pozitivnih razvojnih rezultata" koji su opisani u IFC-ovoj Politici o socijalnoj i ekološkoj održivosti, korporacija primenjuje sveobuhvatan skup socijalnih i ekoloških standarda učinka u svom procesu revizije Projekta. Revidirani IFC Standardi politike i učinka (PSs) o društvenoj i životnoj održivosti stupili su na snagu u januaru 2012. godine.

Postoji 8 IFC standarda učinka:

- IFC PS1 – Procena i upravljanje ekološkim i socijalnim rizicima i uticajima
- IFC PS2 – Rad i uslovi rada
- IFC PS3 – Efikasnost resursa i sprečavanje zagađenja
- IFC PS4 – Zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice
- IFC PS5 – Akvizicija zemljišta i prinudno raseljavanje
- IFC PS6 – Očuvanje biodiverziteta i održivo upravljanje živim prirodnim resursima
- IFC PS7 – Starosedeooci
- IFC PS8 – Kulturno nasleđe.

Pored IFC standarda učinka, sledeće smernice Grupe svetske banke o životnoj sredini, zdravlju i sigurnosti (EHS) mogu se primeniti na Projekat:

- Smernice za životnu sredinu, zdravlje i sigurnost. Opšte smernice (2007)
- Smernice za životnu sredinu, zdravlje i sigurnost na putevima na kojima se naplaćuje putarina (2007)
- Smernice za životnu sredinu, zdravlje i sigurnost za objekte upravljanja otpadom (2007)

## 3. Sadržaj i obim studija

Studija o proceni uticaja na društvo i životnu sredinu (ESIA) je podeljena u 5 celina:

- I. Netehnički prikaz (Non-Technical Summary – NTS)
- II. Studija o proceni uticaja (Impact Assessment Study)
- III. Plan uključivanja zainteresovanih strana (Stakeholder Engagement Plan – SEP)
- IV. Akcioni plan zaštite životne sredine i socijalnih aspekata (Environmental and Social Action Plan – ESAP)
- V. Okvirna politika raseljavanja (Resettlement Policy Framework)

### 3.1. Netehnički prikaz – dopuna socijalnih aspekata

Još u fazi podnošenja zahteva za određivanje obima i sadržine studije o proceni uticaja, neophodno je izraditi netehnički prikaz projekta. Pored uvoda, opisa lokacije i projekta u NTS-u se odgovara na tri ključna pitanja:

- Kako je projekat ocenjen i koji su bili zaključci?
- Koje su aktivnosti projekta koje mogu uticati na životnu sredinu i ljude?
- Koji su rezultati ocenjivanja?

Uz odgovore na ova pitanja neophodno je prikazati procenu rezidualnih uticaja i plan upravljanja uticajima na životnu sredinu i društvo.

Ocena projekta se klasifikuje u jednu od sledeće tri kategorije "A", "B" ili "C", u zavisnosti od značaja njihovih potencijalno nepovoljnih uticaja na životnu sredinu i društvo i rizike. Ocena "A" se dodeljuje u slučajevima značajnih štetnih uticaja, "B" – potencijalno nepovoljni rizici i uticaji, "C" – nema ili ima samo mali štetan uticaj. Odgovor na aktivnosti projekata koje mogu uticati na lokalne zajednice, u okviru ovog prikaza, treba biti pregledan kao na primeru tabele ispod.

**Tabela1: Značajni socijalni efekti Projekta**

Identifikovani uticaj	Tip uticaja	Faza projekta u kojoj uticaj može da se pojavi
Prilike za zapošljavanje	Koristan	Izgradnja i upotrebna
Ekonomski razvoj	Koristan	Izgradnja i upotrebna
Pristup socijalnim uslugama i otpremninama	Koristan	Upotrebna
Buka i uznemiravanje	Štetan	Izgradnja
Trajni i privremeni gubitak zemljišta i imovine	Štetan	Pre izgradnje i izgradnja
Zdravlje, sigurnost, bezbednost i dobrobit radnika	Štetan	Izgradnja i upotrebna
Zdravlje, sigurnost i bezbednost zajednice	Štetan	Izgradnja
Prilliv radnika i promene u stanovništvu	Štetan	Izgradnja
Pristup socijalnim uslugama i otpremninama	Štetan	Izgradnja
Ugrožene grupe	Štetan	Izgradnja

Izvor: *CONNECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA, Mott Macdonald S*

Rezultati ocenjivanja svakog identifikovanog uticaja predstavljaju zaključke studije o proceni uticaja.

Plan upravljanja uticajima na životnu sredinu i društvo (ESMP) proizilazi iz mera definisanih akcionim planom zaštite životne sredine i socijalnih aspekata (ESAP). ESMP kao i EMP je obaveza i odgovornost izvođača radova.

### 3.2. Studija o proceni uticaja – dopuna socijalnih aspekata

Pregledom sadržaja uobičajenih EIA studija koje su sastavni deo dokumentacije u okviru projekta puteva u Srbiji, socijalni aspekt se obrađuje direktno u okviru:

- Opisa lokacije;
- Postojećeg stanja;
- Značajnih uticaja (zdravlje stanovništva, demografski razvoj) i
- Nedostataka studije.

U okviru ESIA studija socijalni aspekt i zaštita životne sredine se ravnopravno obrađuju kroz poglavlja:

1. Ekološka i socijalna osnova
2. Procena uticaja na životnu sredinu i društvo
3. Ublažavanje, rezidualni uticaji i praćenje

#### 3.2.1. Socijalna osnova

Osnova svake analize je prikupljanje dostupnih podataka od lokalnih imaoca javnih ovlašćenja, nevladinih organizacija i obilaskom terena i intervjuisanje lokalnog stanovništva u zoni projekta. Stoga je potrebno definisati površinu zahvata projekta i socijalne zone uticaja. Sa nivoa opština, silazi se na nivo naselja i određuju se u okviru projekata puteva najčešće 3 društvene zone:

- I društvena zona – Izbor naselja definisan je blizinom gradilišta, projektovanog pristupnog puta i saobraćajne petlje.
- II društvena zona – naselja na glavnoj trasi između saobraćajnih petlji
- III društvena zona nema naselja koja pripadaju zoni istraživanja Projekta, ali je važna za socijalnu procenu zbog uticaja koji se očekuju u ovom području za vreme faze izgradnje Projekta (na primer neprijatnosti vezanih za prevoz građevinskog materijala, uvođenja građevinskih radnika na ovo područje, novih mogućnosti za zapošljavanje lokalnog stanovništva, itd).

Socijalna osnova bi trebalo da bude pohranjena sa detaljnim demografskim podacima obuhvaćenih zajednica, preciznim spiskom domaćinstava i imovine, etničkoj pripadnošću, religijom. Pored ovih podataka posebnu

pažnju treba posvetiti podacima o zdravlju i bezbednosti zajednica, obrazovanju, zaposlenju, ekonomiji, migracijama, pristupu uslugama (domovi zdravlja, bolnice, vodosnabdevanje, otpadne vode, upravljanje otpadom, pristup električnoj energiji, lokalni putevi i veze). U polaznim osnovama treba prikazati i podatke o korišćenju, nameni i zauzimanju zemljišta. Poseban osvrt je neophodan i za ugrožene grupe i nivo socijalne zaštite.

### 3.2.2. Procena uticaja na društvo

Ovo poglavlje bavi se procenom uticaja Projekta na različite socio-ekonomske resurse i na uživaocce prava na zemljište u odnosu na početne društvene uslove. Procena razmatra efekte na sledeće resurse: zemlju i imovinu, radnike i zajednicu, zaposlenje i ekonomiju, socijalne i komunalne službe, jednakost i gubitak posla, ranjive i marginalizovane grupe.

S obzirom da se studija izrađuje u fazi Idejnog projekta, te su uticaji na društvo opisani u ovom odeljku indikativni. Tokom narednih faza projekta, namenska društvena anketa treba da se sprovede kako bi obogatila studiju uticaja i predložene mere za ublažavanje uticaja, uključujući pitanja izmeštanja, identifikovanih u Idejnom projektu.

Procena značajnosti efekata i identifikacija preostalih uticaja uzima u obzir sve inkorporirane mere ublažavanja koje je usvojio Projekat i u velikoj meri zavise od obima i trajanja promena, broja ljudi ili veličine obuhvaćenog resursa i njihove osetljivosti na promenu. Kriterijumi za utvrđivanje značaja su specifični za svaki ekološki i socijalni aspekt, ali generalno za svaki uticaj određena je magnituda (kvantitativno gde je to moguće) i osetljivost receptora. Opšti kriterijumi za definisanje magnituda i osetljivosti su sumirani ispod.

#### Magnituda

Procena magnituda se sprovodi u dva koraka. Kao prvo, ključni ishodi u vezi sa Projektom su kategorisani kao korisni ili štetni. Kao drugo, magnituda potencijalnih uticaja kategorisana je kao veliki, umereni, manji i zanemarljivi na bazi razmatranja parametara kao što su:

- Trajnost uticaja: u rasponu od iznad razgradnje do privremenog sa uticajem koji ne može ni da se zabeleži;
- Prostorni stepen uticaja: unutar granica gradilišta, pa sve do regionalnih, nacionalnih i zahteva zajmodavaca;
- Reverzibilnost: počevši od konstantnih značajnih intervencija da bi se vratilo na polaznu osnovu, pa sve do stanja bez promena;
- Verovatnoća: počevši od redovnog pojavljivanja u tipičnim uslovima pa sve do stanja u kojima je malo verovatno da će se desiti;
- Usklađenost sa pravnim standardima i utvrđenim profesionalnim kriterijumima: u rasponu od značajno prevazilazi nacionalne standarde i ograničenja/smernice zajmodavaca za ispunjavanje ili prevazilaženje minimalnih standarda ili smernice zajmodavaca.

Sledeća tabela navodi kriterijume za utvrđivanje magnituda za ovu procenu uticaja.

**Tabela2: Kriterijumi za utvrđivanje magnituda uticaja**

Magnituda (korisna ili štetna)	Opis
Velika	Fundamentalna promena određenih procenjenih uslova usled dugoročnih ili trajnih promena, obično široko rasprostranjena u prirodnom ili društvenom okruženju, i zahteva značajne intervencije za povratak na osnovnu vrednost; prevazilazi nacionalne standarde i ograničenja
Umerena	Vidljiva procenjena promena u specifičnim uslovima prirodnog i socijalnog okruženja koja rezultira nefunkcionalnim privremenim ili trajnim promenama
Manja	Vidljiva ali manja promena u specifičnim uslovima prirodnog i socijalnog okruženja
Zanemarljiva	Nema vidljive promene u specifičnim uslovima prirodnog i socijalnog okruženja

Izvor: CONNECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA, Mott Macdonald S

#### Osetljivost receptora

Osetljivost je obično specifična za određene lokacije. Razvijeni su kriterijumi iz sakupljenih osnovnih informacija. Osetljivost receptora biće određena na osnovu pregleda populacije (uključujući blizinu / broj / ranjivost) i prisutnih karakteristika na lokaciji ili u okolini. Opšti kriterijumi za određivanje osetljivosti receptora su prikazani u sledećoj tabeli. Procena će odrediti osetljivost u odnosu na njihovu temu.

**Tabela3: Kriterijumi za utvrđivanje osetljivosti**

Osetljivost	Definicija (trajanje uticaja, prostorni obim, reverzibilnost i mogućnost poštovanja zakonodavstva)
Visoka	Ugroženi receptor (ljudski ili zemaljski) sa malo ili nimalo kapaciteta da apsorbuje predložene promene ili minimalne prilike za ublažavanje (ili sa neznatnim ili nikakvim pristupom sličnim alternativnim mestima ili uslugama)
Srednja	Ugroženi receptor (ljudski ili zemaljski) sa limitiranim kapacitetom da apsorbuje predložene promene ili ograničene prilike za ublažavanje (ili sa neznatnim pristupom sličnim alternativnim mestima ili uslugama)
Niska	Neugroženi receptor (ljudski ili zemaljski) sa određenim kapacitetom da apsorbuje predložene promene ili umerene prilike za ublažavanje (ili sa određenim pristupom sličnim alternativnim mestima ili uslugama)
Zanemarljiva	Neugroženi receptor (ljudski ili zemaljski) sa dobrim kapacitetom da apsorbuje predložene promene ili dobre prilike za (ili sa dobrim pristupom sličnim alternativnim mestima i uslugama)

Izvor: CONECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA, Mott Macdonald S

**Evaluacija uticaja i određivanje značajnosti**

Cilj ESIA studije je da identifikuje verovatne značajne efekte na životnu sredinu i ljude u Projektu. Verovatni uticaji se procenjuju uzimajući u obzir interakciju između kriterijuma magnitude i osetljivosti, kao što je i prikazano u matrici značaja uticaja na sledećoj slici. Za svaki aspekt, neophodna je rasprava o važnosti uticaja pre i posle ublažavanja (tj. preostalog uticaja). Uticaji koji su ocenjeni kao "umereni" ili "veliki" su značajni efekti i biće identifikovani kao takvi u specijalizovanim poglavljima ESIA studije. Uticaji koji su "manji" ili "zanemarljivi" ne smatraju se značajnim.

**Slika 1: Matrica značaja uticaja**

		Magnituda						
		Štetan			Zanemarljiv	Koristan		
		Veliki	Umeren	Manji		Manji	Umeren	Veliki
Osetljivost	Visoka	Veliki	Veliki	Umeren	Zanemarljiv	Umeren	Veliki	Veliki
	Srednja	Veliki	Umeren	Manji	Zanemarljiv	Manji	Umeren	Veliki
	Niska	Umeren	Manji	Zanemarljiv	Zanemarljiv	Zanemarljiv	Manji	Umeren
	Zanemarljiva	Manji	Zanemarljiv	Zanemarljiv	Zanemarljiv	Zanemarljiv	Zanemarljiv	Manji

Izvor: CONECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA, Mott Macdonald S

Tamo gde je to izvodljivo, primenjuje se sledeća hijerarhija mera za ublažavanje značajnijih uticaja kako bi se smanjio, gde je to moguće, značaj uticaja na prihvatljiv nivo:

- Ublažavanje / eliminacija kroz Projekat
- Izbor gradilišta / tehnologije
- Primena najbolje prakse.

Za efekte koji nisu značajni preporučuju se mere ublažavanja i dobre prakse gde je to potrebno.

**3.2.3. Značaj uticaja u fazama pre izgradnje, tokom i nakon izgradnje**

**Gubitak zemljišta**

U odnosu na gubitak zemljišta, moguće je identifikovati privremene i trajne uticaje. Do trajnog gubitka zemljišta dolazi tokom procesa eksproprijacije zemljišta u toku pred-gradevinske faze Projekta. Uticaji u vezi sa privremenim gubitkom zemljišta utiču na vlasnike tokom faze izgradnje.

Ove negativne posledice gubitka zemljišta biće trajne, pri čemu su poljoprivredne aktivnosti i prihodi najpodložniji usled značaja zemljišta za naturalnu poljoprivredu u kontekstima gde je nepovoljna ekonomska situacija. Premda će vlasnici zemljišta dobiti gotovinsku naknadu za ekspropisano zemljište, stepen uticaja se procenjuje kao veliki. Značaj uticaja će, prema tome, zavisiti od osetljivosti zemljišnih resursa koji će biti izgubljeni i ukoliko se ne ublaži, kretaće se u rasponu od umerenog do velikog, u zavisnosti od tipa upotrebe zemljišta, kao što je prikazano dalje u tabeli iz projekta Obilaznice Budve.



**Tabela3: Kriterijumi za utvrđivanje osetljivosti**

Tip upotrebe zemljišta	Osetljivost receptora	Stepen uticaja	Značaj uticaja
Šumsko zemljište	Srednja	Visok	Veliki
Poljoprivredno zemljište	Visoka	Visok	Veliki
Jalovo zemljište i kras	Niska	Visok	<b>Umeren</b>
Potoci	Niska	Visok	<b>Umeren</b>
Crkveno zemljište	Visoka	Visok	Veliki
Privatno zemljište	Visoka	Visok	Veliki
Nekategorizovani i javni putevi	Niska	Visok	<b>Umeren</b>
Deponija	Niska	Visok	<b>Umeren</b>

Izvor: *CONNECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA, Mott Macdonald S*

Tokom faze izgradnje, privremeni gubitak zemljišta služiće najviše za formiranje pozajmišta materijala, mesta za odlaganje viška materijala, skladišnih objekata, prilaznih puteva, i privremenih gradilišnih objekata za radnike. Verovatno je, međutim, da će se koristiti postojeći pozajmišta te da neće biti potrebe za zauzimanjem dodatnog zemljišta. Koliko je god to moguće, Projekat će koristiti postojeće prilazne puteve. Privremeni objekti biće postavljeni u skladu sa zakonskim odredbama Crne Gore, a sa vlasnicima zemljišta zahvaćenog projektom biće postignuti dogovori. Po istom principu se formira tabela osetljivosti uticaja, stepen i značaj.

U odnosu na gubitak svojine, identifikovani su privremeni i trajni uticaji. Do trajnog gubitka svojine doći će tokom procesa eksproprijacije, u pred-građevinskoj fazi, dok privremeni gubitak svojine potencijalno može uticati na vlasnike tokom faze izgradnje Projekta.

Sve ovo može imati društvene i psihološke posledice. S obzirom na to da će ovaj direktni uticaj biti trajan i nepovratan, te da će imati neposredan uticaj na vlasnike (i stambenih i poslovnih prostora), stepen uticaja ocenjuje se kao visok. Značaj uticaja zavisice of osetljivosti svojine koja se gubi, i, bez ublažavanja, kretaće se u opsegu između umerenog do velikog, u zavisnosti of tipa izgubljene svojine.

#### *Naneta šteta i ometanje*

Uticaj škodljivosti i ometanja utvrđuje se u projektima novogradnje za fazu izgradnje Projekta, kao i za narednu fazu funkcionisanja. Uticaji privremene buke i vibracija tokom faze izgradnje očekivani su usled postavljanja i pripreme gradilišta, isporuke materijala, i kretanja građevinskih mašina, izgradnje infrastructure, instalacij opreme, i ostalih radova na gradilištu. Dodatno kretanje vozila tokom faze izgradnje može dovesti do uticaja buke usled saobraćaja na lokalnim putevima i gradilišnim stazama. Uticaj škodljivosti i ometanja naročito će osetiti lokalne zajednice u neposrednoj blizini trase i prilaznih puteva. Doći će do privremenog ometanja stočarstva, skupljanja drv za ogrev, i rekreativnih aktivnosti. Takođe, menjanje lokaliteta i potencijalno loša praksa od strane Izvođača radova mogla bi dovesti do ugrožavanja fizičke i psihičke dobrobiti članova zajednice, naročito onih u neposrednoj blizini trase i gradilišta. Tokom faze funkcionisanja, izmene lokaliteta planirane projektom biće trajne. Selidba nije laka za lokalne stanovnike, a oni će morati da prihvate dugoročno promene planirane Projektom.

#### *Zdravlje i bezbednost radnika*

Priprema gradilišta, građevinski radovi, i korišćenje privremenih smeštajnih objekata za radnike predstavljaju potencijalni rizik po zdravlje i bezbednost, sigurnost, a samim tim i dobrobit građevinskih radnika ukoliko se tom problemu ne pristupi adekvatno. Tokom dinamičnih perioda, deo radne snage će verovatno biti smešten lokalno, u okviru ugroženih zajednica (AC-affected communities). Pitanja vezana za zdravlje i bezbednost radnika, a u vezi korišćenja privremenih smeštajnih objekata, obuhvataju higijenu, zaraze, požare, kulturološko otuđenje, prostor za spavanje, kvalitet i kvantitet hrane, ličnu bezbednost i sigurnost, kontrolu temperature, rekreaciju, itd. Prema relevantnim međunarodnim odredbama, smeštaj radnika mora biti u saglasnosti sa regulativom IFC/EBRD o smeštaju građevinskih radnika, predstavljenom u ESAP. Sa tim ciljem, pre početka faze izgradnje, Izvođač radova je u obavezi da izvrši inspekciju smeštaja za radnike kako bi se uverio da je isti u saglasnosti sa propisanim standardima. Takođe, neophodne su mesečne inspekcije smeštaja građevinskih radnika, uz upotrebu kontrolne liste dostupne u okviru IFC/EBRD smernica, a koja će biti zavedena po propisima, zajedno sa Planom mera i rokovima za rešavanje eventualnih problema.

U fazi eksploatacije rizici po zdravlje i bezbednost, sigurnost i dobrobit operativnog osoblja koje radi na putu vezani su za njihove radne obaveze, i zahtevaju adekvatnu procenu od strane poslodavaca.

#### *Zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice*

Građevinski radovi mogu podrazumevati izlaganje zajednice problemima vezanim za zdravlje, bezbednost, i sigurnost.

Tokom faze izgradnje, rizici po sigurnost i bezbednost zajednice biće prilično slični rizicima po radnike, ukoliko se ne preduzmu mere zaštite gradilišta i spreči neovlašćeni ulazak lokalnog stanovništva na gradilište.

Problemi vezani za zdravlje zajednice obuhvataju izloženost bolestima usled:

- Povećanog prisustva zaraznih i ostalih bolesti usled privremenih ili trajnih promena u populaciji;
- Rizika vezanih za povećanu emisiju buke, prašine i gasova.

Rizici vezani za bezbednost zajednice vezuju se za:

- Izloženost opasnim materijalima za vreme izgradnje i transporta robe i materijala.
- Biranje nebezbednih planinskih puteva kako bi se izbegla vožnja u blizini gradilišta i zastoji u saobraćaju;
- Radovi miniranja i iskopavanja u blizini naselja povezani sa rizikom od povrede;
- Pojačan saobraćaj na lokalnim putevima (isporuka vozila, opreme, dobara, materijala, i radnika do gradilišta) može izazvati saobraćajne nezgode, povrede ili smrt kao posledica sudara vozila.

Očekuje se da će najveći broj nekvalifikovanih radnika biti regrutovan iz naselja zahvaćenih Projektom. Uopšteno gledano, osetljivost lokalne populacije na rizike po zdravlje i bezbednost ocenjuje se kao srednja zbog njihove ruralne lokacije i niske gustine naseljenosti. Stepem uticaja ocenjuje se kao visok, jer, iako je vrlo mala verovatnoća da se desi, ishod povrede ili bolesti imao bi trajne posledice. Rezultirajući rizik od uticaja po zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice ocenjuje se kao negativni uticaj velikog značaja.

Tokom faze eksploatacije, rizici po zdravlje i bezbednost (bilo vozača, bilo pešaka) u najvećem broju slučajeva biće povezani sa ličnim ponašanjem (kršenje saobraćajnih pravila, nepoštovanje saobraćajnih znakova i signalizacije), i kršenjem saobraćajnih pravila, i nebezbednom vožnjom korisnika puteva. Svi ovi rizici mogu imati značajan uticaj na ljudsko zdravlje i život. Adekvatna lokacija, dovoljan broj i bezbednost pešačkih prelaza, bezbednost trotoara, potreba za putnim oznakama, znakovima i semaforima, kao i ograničenja brzine moraju biti definisani u dogovoru sa saobraćajnom policijom.

Ostali rizici vezani za rad planiranog puta povezani su sa povećanom emisijom prašine i izduvnih gasova, i povišenim nivoom buke.

S druge strane, nova obilaznica omogućiće ugroženim zajednicama lakši pristup socijalnim službama i institucijama, i poboljšaće komunikaciju sa ostalim područjima, kao i sa drugim zemljama.

Podložnost lokalne populacije rizicima po zdravlje, bezbednost i sigurnost ocenjuje se kao visoka, uzimajući u obzir lokaciju i dostupnost zdravstvenih ustanova, kao i broj saobraćajnih nezgoda na lokalnim putevima. Stepem uticaja ocenjuje se kao visok, jer se smatra da prelazak nove trase može izazvati potencijalno značajan rizik po zdravlje i bezbednost zajednice. Rezultirajući rizik od uticaja po zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice ocenjuje se kao negativan uticaj velikog značaja.

#### *Priliv radne snage i promene u stanovništvu*

U fazi Idejnog projekta, očekuje se da će značajan deo radne snage biti regrutovan lokalno, ali da će Izvođač radova regrutovati kvalifikovane radnike, koji će biti smešteni u gradilišnim kampovima.

Faza izgradnje Projekta biće povezana sa prilivom radnika i uticajem u vidu menjanja populacije. Visoka koncentracija radnika na gradilištima imaće različite uticaje na lokalne zajednice:

- Mogući zdravstveni rizici obuhvataju izlaganje zajednice zaraznim bolestima.
- Interakcija lokalne zajednice sa građevinskim radnicima može predstavljati povišen rizik od seksualno prenosivih bolesti, uključujući HIV/AIDS, kao i rizik od drugih zaraznih bolesti, na primer tuberkuloze, pneumonije, itd.
- Društvena interakcija među građevinskim radnicima i lokalnom zajednicom i rizik od seksualno prenosivih bolesti, uključujući HIV/AIDS, kao druge zarazne bolesti, na primer tuberkulozu, pneumoniju, itd.
- Mogu se javiti potencijalni sukobi između lokalne zajednice i građevinskih radnika usled socio-kulturnih razlika, kao i drugi problemi.

Takođe, identifikovan je rizik od preopterećenja društvene infrastrukture (lokalni zdravstveni centri i bolnice), u slučaju da zdravstvene organizacije nemaju dovoljne kapacitete za priliv građevinskih radnika (na primer, u slučaju ozbiljnih nesreća).

#### *Zaposlenje*

Faza izgradnje i Faza eksploatacije Projekta stvorice prilike za zaposlenje.

Tokom faze izgradnje, Projekat će uglavnom kreirati zaposlenje za građevinske radnike. Premda je namera da se radnici zapošljavaju lokalno koliko god je to moguće, to može biti teško izvodljivo za čitavu fazu izgradnje, naročito tokom najintenzivnijih perioda. Što se tiče rodne podele, očekuje se da žene budu angažovane u gradilišnim kampovima, kao administrativno osoblje Izvođača radova, odnosno u nadzornim službama (kao administrativno osoblje ili inženjeri).

Privremeno stvaranje zaposlenja tokom faze izgradnje Projekta ima potencijal da stimuliše lokalnu ekonomiju u vidu obezbeđivanja prihoda za radnike, kao i potencijal da pruži podršku osetljivim grupama, natočito ukoliko se zapošljava osetljiva lokalna populacija. Projekat će takođe pružiti priliku lokalnom stanovništvu da poveća svoje prihode ukoliko rade poslove sa niskim primanjima, odnosno ukoliko rade u sektoru gde se primanja smanjuju. Takođe, visoka stopa nezaposlenosti u ugroženim zajednicama znači da pozitivni efekti

zapošljavanja tokom ove faze projekta mogu potencijalno biti značajni. Stoga se ocenjuje da je lokalno stanovništvo veoma osetljivo na uticaje prilika za zaposlenje tokom faze izgradnje. Stepenn uticaja ocenjuje se kao umeren, jer će, premda na većem području, ovaj uticaj biti privremenog karaktera i zahvatiće relativno mali broj lokalnog stanovništva. Ovaj uticaj se stoga ocenjuje kao pozitivan uticaj velikog značaja za lokalno stanovništvo.

Nakon perioda izgradnje, određeni broj ljudi biće zaposlen u preduzeću za održavanje (javnom ili privatnom) odgovornom za novi put. Većina zaposlenih će verovatno biti muškog pola. Takođe, biće mogućnosti za zaposlenje u službama vezanim za Projekat duž novog puta.

Smatra se da su operativni zaposleni visoke osetljivosti, jer je stopa nezaposlenosti u ugroženim zajednicama visoka, a nezaposlena lica ne primaju plate odnosno primanja redovno, i nemaju druge prilike za zaradu. Stepenn uticaja je nizak jer su operativni poslovi dugoročni ali zahvatiće daleko manji broj ljudi u poređenju sa fazom izgradnje. Smatra se da je stvaranje prilika za stalno zaposlenje tokom faze rada Projekta, bez ublažavanja i mera za poboljšanje pozitivnih efekata, jedan pozitivan uticaj umerenog značaja.

#### *Ekonomski razvoj*

Projekat će imati direktan i pozitivan uticaj na lokalnu ekonomiju. Tokom faze izgradnje, biće neophodno za potrebe Projekta kupiti materijale, opremu, i usluge, što će stvoriti poslovne prilike za dobavljače. Ove prilike imaće za ishod ekonomsku korist za kompanije, naročito one koje sklope ugovore na malo duži period. Na primer, usluge obezbeđivanja smeštaja za radnike mogu biti ugovorene za čitav period izgradnje. Isto može da važi i za transport radnika, katering, pružanje usluge obezbeđivanja, ili dobavljače građevinskog materijala i opreme. Ukoliko ovi ugovori budu sklopljeni sa lokalnim kompanijama i preduzećima, kao što se očekuje, ovo bi moglo pospešiti lokalnu ekonomiju. Postoje i druga lokalna preduzeća, kao što su restorani i hoteli širom opština Budva i Kotor, koji bi takođe mogli imati koristi u vidu poboljšanog poslovanja tokom faze izgradnje Projekta.

Uopšte gledano, nabavka dobara, opreme i usluga za Projekat imaće pozitivan uticaj na dobavljače i kompanije, za koje se smatra da su niske osetljivosti, jer verovatno i inače imaju pristup sličnim prilikama drugde. Stepenn uticaja smatra se niskim do umerenim, jer će uglavnom biti ograničen na fazu izgradnje. Iz tog razloga, predviđa se da će uticaj imati pozitivan efekat malog do umerenog značaja.

Tokom faze rada, biće pozitivnih efekata za lokalnu ekonomiju u vidu angažovanja radne snage na poslovima održavanja puta. Dodatne usluge, kao što su benzinske stanice, odmorišta, restorani, i dr., pružaće prilike za zaposlenje lokalnim zajednicama. Bolja povezanost osnažiće razvoj lokalne industrije kao što je rekreacija, poljoprivreda, šumarstvo, turizam, itd., koja će ojačati usled boljeg pristupa novo-otvorenim lokalnim i nacionalnim tržištima. Razvoj Projekta takođe će stvoriti pozitivne ekonomske uticaje kroz distribuciju prihoda od poreza.

Stepenn ovog pozitivnog uticaja smatra se umerenim po lokalne kompanije, lokalno stanovništvo, i ugrožene kategorije unutar ugroženih zajednica. Imajući u vidu postojeće programe socijalne podrške usmerene ka siromašnima, licima sa niskim primanjima i ugroženima unutar ugroženih zajednica, ocenjuje se da je njihova osetljivost na potencijalne promene srednja, i stoga se ovaj pozitivan uticaj Projekta ocenjuje kao uticaj umerenog značaja. Detaljnije informacije o stepenu uticaja biće dostupne tokom Izvođačkog projekta zahvaljujući detaljnoj anketi koja će izvršiti procenu postojećih preduzeća zahvaćenih Projektom (takozvane "izbegavane zajednice"), kao i verovatnoću i stepenn njihovog izmeštanja kao rezultat Projekta.

#### *Pristup socijalnim službama i odsečenost*

Stanovnicima (1140 ljudi) ugroženih zajednica biće nametnuti efekti odsečenosti tokom faze izgradnje usled ograničenja u njihovoj mobilnosti unutar područja izgradnje. Pristup će biti ograničen seljacima, koji koriste pašnjake duž trase za stočarstvo; zatim ljudima koji skupljaju drva u šumi; ljudima koji se rekreiraju na ovom području. Uticaji odsečenosti će biti naročito izraženi u zajednicama u blizini gradilišta i novog puta. Izgradnja podvožnjaka i petlji može imati posledice po transport lokalnim putevima. Ocenjuje se da je osetljivost ove grupe receptora visoka.

U toku faze izgradnje, ugrožene zajednice mogu biti izložene intenzivnom saobraćaju na lokalnim putevima usled teške mehanizacije potrebne za građevinske radove. Mogući zastoji mogu produžiti vreme provedeno u putu. Mali broj prilaznih puteva može tokom faze izgradnje biti stavljen van upotrebe, i tako uticati na pristup socijalnim službama i institucijama.

Indirektno zahvaćena preduzeća trpeće zbog promena u saobraćaju (zastoji zbog transporta građevinskog materijala i prevoza radnika postojećim putem) i izmena u pristupu (za vreme izgradnje raskrsnica sa lokalnim putevima), jer će neki prodavci i klijenti iz drugih delova Crne Gore, kao i iz inostranstva, morati da putuju duže kako bi stigli do ovih preduzeća.

Ovaj negativni uticaj umerenog stepena očekuje se na lokalnom nivou prvenstveno tokom najintenzivnijih perioda izgradnje. S obzirom na to da se smatra da su lokalni stanovnici visoke osetljivosti usled vrlo

ograničenog broja socijalnih službi koje su raspoložive u zajednici, procenjuje se da neublažen uticaj ima visok značaj.

Tokom faze rada, biće povoljnih efekata alternativne rute oko Budve za ugrožene zajednice i postojeća preduzeća, sa manje zastoja na postojećim putevima oko Budve, i jednakim pristupom novim institucijama. Imajući u vidu činjenicu da će Projektom biti izgrađena ili obnovljena tri prilazna puta, vreme provedeno u putu kako bi se stiglo do socijalnih službi u Budvi ili Kotoru potencijalno će se smanjiti zahvaljujući većim brzinama kretanja na prilaznim putevima i na novoj obilaznici. Takođe, zahvaljujući smanjenom saobraćaju i samim tim i smanjenim zastojima, može doći do skraćivanja vremena provedenog u javnom transportu na postojećem putu, što bi poboljšalo pristup socijalnim službama.

Smanjenje gustog saobraćaja i saobraćaja za potrebe putovanja do posla sa postojećih puteva takođe će smanjiti rizike vezane za puteve u ovim zajednicama, i poboljšati kvalitet života u njima.

Geografske razmere ovog uticaja biće ograničene na zajednice i preduzeća najbliža novom putu. Uzimajući u obzir činjenicu da će se očekivani pozitivni uticaji raširiti kroz zahvaćene opštine, da će početi odmah po početku Projekta a nastaviti se paralelno sa funkcionisanjem novog puta, stepen uticaja procenjuje se kao visok. Iako već postoji put koji lokalne zajednice mogu koristiti kao alternative, ove zajednice se posmatraju kao visoko osetljive u smislu veoma ograničenog broja socijalnih službi koje su dostupne unutar njih. Značaj uticaja se stoga ocenjuje kao visok.

#### *Siromaštvo i ugrožene kategorije*

U većini slučajeva, predstavnici siromašnih i ugroženih kategorija nalaze se na dnu socijalne hijerarhije, i oni su nedovoljno spremni da se nose sa planiranim promenama i uticajima, da im se suprotstave ili da se od njih oporave. Ugrožene kategorije unutar ugroženih zajednica obuhvataju decu i mlade, stare, bolesne i osobe sa invaliditetom, etničke manjine (24 pripadnika romske manjine u Stanišićima), siromašne i problematične porodice, ljude u dugovima i nezaposlene. U nekim od zahvaćenih naselja, uglavnom u malim selima, postoji visok procenat starijih ljudi. Takođe, uslovi za život su često gori u selima nego u urbanoj sredini. Osetljivost ugroženih grupa, i "otpor prema promenama" su stoga visoki.

Kod značajnog broja predstavnika siromašnih i ugroženih postoji rizik od gubitka zemljišta (pašnjaka, polja, i/ili voćnjaka), objekata, ili postojećih ekonomskih aktivnosti. Kako je projekat u ranoj fazi, trenutno nije moguće uvrstiti koji profili i koliko ljudi među ugroženim grupama će ovime biti zahvaćeno. SIA će uzeti u obzir nalaze planirane sociološke studije u vezi sa potencijalnim uticajem Projekta na ugrožene grupe po pitanju gubitka zemljišta i objekata.

Izvesno je, međutim, da će potencijalni uticaji na ostatak populacije biti višestruki kada su u pitanju ugrožene kategorije, iz razloga što se ova populacija teže prilagođava i reaguje na posledice uticaja. Neophodne su specifične mere ublažavanja usmerene ka ovim grupama unutar ugroženih zajednica. Kako je uticaj umerenog do visokog stepena, procenjuje se da su potencijalni negativni efekti na ugrožene i marginalizovane grupe od velikog značaja.

#### **3.2.3. Društvene mere ublažavanja, rezidualni uticaji i praćenje**

Nakon izvršene procene uticaja za svaki indikator naveden u prethodnom potpoglavlju, određuju se mere ublažavanja. Primer mera u ovom radu je predstavljen kroz mere zaposlenja iz studije slučaja.

##### *Faza izgradnje*

Za ostvarenje ovog pozitivnog uticaja neophodna je saradnja i podrška lokalne zajednice. Kako bi se maksimizirale beneficije zapošljavanja lokalnog stanovništva, kako bi se upravljalo očekivanjima i izbegao društveni konflikt do kog bi moglo doći ukoliko postoji percepcija nejednakosti u pristupu regrutovanju, Projekat će usvojiti sledeće mere:

- Kreiranje Politike zapošljavanja na Projektu, po principima nediskriminacije i jednakosti, uključujući i angažovanje na poslovima Projekta;
- Objaviti Politiku zapošljavanja na Projektu, koja jasno obuhvata odredbu da je lokalno zapošljavanje prioritarno za radna mesta koja su slobodna, uključujući ugrožene zajednice kao prioritete;
- Kreiranje i sprovođenje Plana zapošljavanja lokalne radne snage, kako bi se maksimiziralo zapošljavanje radne snage iz ugroženih zajednica;
- Oglašavanje slobodnih radnih mesta i procesa zapošljavanja, uključujući informacije o traženim sposobnostima, vremenskim okvirima angažovanja, i verovatnom trajanju ugovora, kako bi se ugroženim kategorijama stanovništva u ugroženim zajednicama (kao što su nezaposleni, nekvalifikovani radnici, ili osobe zaposlene u neformalnom sektoru) pružila šansa da iskoriste prednosti faze izgradnje Projekta. Obaveštavanje lokalnih zavoda za zapošljavanje u Budvi i Kotoru o slobodnim radnim mestima. Prioritetno zapošljavanje ljudi u ugroženim zajednicama.

**Faza eksploatacije**

Kreiranje stalnog zaposlenja i mogućnosti za razvijanje veština je potencijalno jedna od ključnih beneficija koje bi Projekat mogao da ponudi. Kako bi se maksimalno iskoristio povoljni uticaj zapošljavanja, potrebno je preuzeti sledeće mere:

- Oglašavati slobodna radna mesta i proces zapošljavanja, uz informacije o traženim veštinama, kako bi se kreirale mogućnosti za ugrožene kategorije unutar ugroženih zajednica (kao što su nezaposleni, etničke manjine, nekvalifikovani radnici, ili osobe zaposlene u neformalnom sektoru) mogli da iskoriste povoljni uticaj faze eksploatacije Projekta;
- Obaveštavati lokalne zavode za zapošljavanje u opštinama Budva i Kotor i slobodnim radnim mestima;
- Prioritetno zapošljavanje ljudi iz ugroženih zajednica;
- Organizovati usavršavanje za osoblje koje će biti angažovano na Projektu.

Za sve preostale uticaje i nakon mera ublažavanja neophodno je uraditi procenu značaja rezidualnih uticaja za svaki od indikatora gore navedenih. Primer zaključka značaja rezidualnih društvenih uticaja je dat u tabeli ispod.

**Tabela 4: Značaj rezidualnih društvenih uticaja – Sažetak**

Socijalni aspekt / potencijalni uticaj	Poziti van	Negativ an	Direkt an	Indirektan	Osetljivost	Stepen	Osetljivost (bez ublažavanja)	Značaj rezidualnog uticaja
<b>Faze pred-izgradnje i izgradnje</b>								
Trajni gubitak zemljišta i objekata		X	x		Niska do visoka	Visok	Umeren do Visok	Nizak do umeren
Privremeni gubitak zemljišta i objekata		X	x		Niska do visoka	Nizak	Zanemarljiv do Umeren	Zanemarljiv do Nizak
Remećenje i ometanje		X	x		Visoka	Nizak	Umeren	Nizak
Zdravlje i bezbednost, sigurnost i dobrobit radnika		X	x		Visoka	Umeren	Visok	Umeren do Nizak
Zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice		X	x		Srednja	Visok	Visok	Umeren
Priliv radnika i promene populacije		X	x		Visoka	Visok	Visok	Nizak
Zapošljavanje	x		x		Visoka	Umeren	Visok	Visok
Ekonomski razvoj	x		x		Niska	Nizak do umeren	Nizak do umeren	Umeren
Pristup socijalnim službama i odsečenost		X	x		Visoka	Umeren	Visok	Umeren
Siromaštvo i ugrožene kategorije		X	x		Visoka	Umeren do Visok	Visok	Umeren
<b>Faza eksploatacije</b>								
Remećenje i ometanje		X	x		Visoka	Umeren	Visok	Umeren do Visok
Zdravlje i bezbednost, sigurnost i dobrobit radnika		X	x		Srednja	Umeren	Umeren	Nizak do Zanemarljiv
Zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice		X	x		Visoka	Visok	Visok	Nizak
Zapošljavanje	x		x		Visoka	Nizak	Umeren	Visok
Ekonomski razvoj	x		x		Srednja	Umeren	Umeren	Visok
Pristup socijalnim službama i odsečenost	x		x		Visoka	Visok	Visok	Visok

Izvor: CONNECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA, Mott Macdonald S

**3.3. Plan uključivanja zainteresovanih strana (Stakeholder Engagement Plan – SEP)**

Svrha SEP-a je upravljanje aktivnostima uključivanja zainteresovanih strana tokom perioda trajanja Projekta. Za projekat Obilaznice Budve pripremljen je u skladu sa crnogorskim zakonima, smernicama za održivost Razvojne banke Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) koje postavljaju osnovna načela aktivnosti KfW-a u pogledu životne sredine i društvenih pitanja, a u svrhu doprinosa održivom razvoju, kao i standardima za procenu učinka (engl. Performance Standards, PS) međunarodne finansijske korporacije (engl. International Finance Corporation, IFC) na koje se smernice za održivost KfW-a odnose. U daljem tekstu će se ovi propisi pominjati kao „primenjivi međunarodni zahtevi“. Pored toga, Projekat uzima u obzir zahteve smernica za poštovanje ljudskih prava Saveznog ministarstva za ekonomsku saradnju i razvoj SR Nemačke (BMZ) i Osnovnih principa i smernica za iseljavanje i raseljavanje u svrhe razvoja Ujedinjenih nacija.

Projekat je označen kao projekat kategorije A, što znači da su njegove očekivane posledice potencijalno negativni i neopozivi rizici i uticaji po životnu sredinu i društvo, pa je stoga potreban veći stepen uključivanja zainteresovanih strana.

Cilj SEP-a je da pruži odgovarajuće i pravovremene informacije zajednicama na koje Projekat utiče i drugim zainteresovanim stranama, kao i da pruži ovim grupama odgovarajuću priliku da iskažu svoja mišljenja i nedoumice.

Evropska inicijativa za razvoj transevropske saobraćajne mreže (engl. Trans-European transport network, EU TEN-T) je izneta u pravnom dokumentu „Uredba EU (br. 1315/2013) Evropskog parlamenta i Saveta od 11. decembra 2013. o smernicama Unije za razvoj transevropske saobraćajne mreže i stavljanju van snage Odluke br. 661/2010/EU“ .

Smernice Unije navode ciljeve, prioritete i mere za utvrđivanje okvira za kontinualnu identifikaciju projekata od javnog značaja. Još jedan glavni instrument EU TEN-T smernica (od decembra 2013. godine) je Instrument za povezivanje Evrope (engl. Connecting Europe Facility, CEF) – Finansijski instrument EU osmišljen tako da olakšava realizaciju evropske politike za saobraćajnu infrastrukturu, a fokusira se na projekte od javnog značaja koji za cilj imaju uklanjanje uskih grla i stvaranje veza koje nedostaju u Osnovnim i sveobuhvatnim mrežama i Horizontalnim prioritetima.

Ovi projekti se pripremaju i sprovode pomoću Principa supsidijarnosti EU u skladu sa relevantnim propisima i procedurama Zemalja članica na čijim teritorijama se projekti sprovode.

Član 50 Uredbe EU br. 1315/2013, „Uključivanje javnih i privatnih zainteresovanih strana“, navodi da se projekti od javnog značaja odnose na sve zainteresovane strane kojih se to direktno tiče. To mogu da budu subjekti koji nisu Države članice, a mogu da obuhvataju regionalne i lokalne organe vlasti, menadžere i korisnike infrastrukture, kao i predstavnike različitih grana delatnosti i građanskog društva. Tokom faze planiranja i izgradnje projekta će se po potrebi postupati u skladu sa nacionalnim procedurama u vezi sa regionalnim i lokalnim vlastima kao i građanskim društvom na koje utiče projekat od javnog značaja. Komisija će promovisati razmenu dobre prakse u ovom pogledu.

### **3.4. Akcioni plan zaštite životne sredine i socijalnih aspekata (Environmental and Social Action Plan – ESAP)**

Na osnovu procene uticaja na životnu sredinu i socijalne aspekte preduzete u vezi sa komponentom prioritetne obilaznice oko Budve, plan za zaštitu životne sredine i socijalne aspekte (u daljem tekstu: ESAP) je razvijen kako bi se olakšalo usklađivanje projekta sa zahtevima zajmodavaca koji se mogu primeniti i kako bi se ublažili mogući uticaji i rizici predložene investicije na životnu sredinu i socijalne aspekte (u daljem tekstu: E&S).

Uzimajući u obzir da se direktiva o održivosti razvojne banke KfW odnosi na Međunarodnu finansijsku korporaciju (IFC), ESAP je pripremljen u skladu sa IFC standardima učinka (2012) i smernicama IFC EHS (sektorski i opšti).

ESAP koji se prikazuje tabelarno, precizira:

- Radove na ublažavanju potencijalnih E&S štetnih rizika i uticaja projekta tokom faza projektovanja, izgradnje i operativne faze;
- Radove na povećanju potencijalnih koristi projekta;
- Vremenske rokove za završetak radova na ublažavanju ili poboljšanju;
- Strane odgovorne za preduzimanje predloženih E & S radova.

ESAP je pripremljen u ranoj fazi projektovanja i trebalo bi da bude ažuriran u fazi glavnog projektovanja u skladu sa odgovarajućim ažuriranjima ESIA izveštaja.

### **3.5. Okvirna politika raseljavanja (Resettlement Policy Framework)**

RPF obezbeđuje okvir kojim se definišu bilo kakva pitanja i okolnosti vezane za dislociranje sa krajnjim ciljem da projekat, ukoliko je nedobrovoljno raseljavanje neophodno, ne dovede do ozbiljnog ekonomskog i društvenog rizika po individualce, porodice ili grupe, kao i sa ciljem da pruži smanjenje svih rizika, kao i okvir za naknadu za sve uticaje koji se ne mogu izbeći. Ukoliko je nedobrovoljno raseljavanje neizbežno, izvršiće se po načelima i pravilima koja su izložena u ovom RPF-u. Posebni ciljevi RPF-a su:

- Klasifikacija nacionalnih zakonskih rešenja u svim slučajevima nedobrovoljnog raseljavanja, relokacije i gubitka imovine, uključujući pravne i administrativne postupke i naknadu koja se isplaćuje za gubitak imovine; njihovo poređenje sa politikama raseljavanja IFI-a i međunarodnih najboljih praksi; i obezbeđivanje načina za prevazilaženje jaza između njih;
- utvrđivanje ključnih državnih institucija, pored Promotera projekta, koji su uključeni u realizaciju projekta, uključujući posebno zakonom ovlašćene državne institucije koje sprovode postupke i mere zaštite prilikom nedobrovoljnog raseljavanja, uključujući praćenje mera za obezbeđivanje usklađenosti sa politikama raseljavanja IFI-a, međunarodnim najboljim praksama, RPF-om i RAP(Resettlement Action Plan)/LRP(Livelihood Restoration Plan)-om;
- identifikacija zainteresovanih strana i načina njihovog angažmana u toku implementacije projekta;
- prezentovanje kriterijuma kvalifikovanosti PAP(Project-affected persons)-a i matrice njihovih prava na naknadu prema vrsti gubitka imovine;
- definisanje procesa identifikacije i procene pogođene imovine i vrednosti naknade za gubitak imovine;
- obezbeđivanje brze i efektivne naknade u zamenskoj vrednosti za gubitak imovine ili pristupa imovini;

- opisivanje mera ublažavanja u okviru ovog RPF-a i RAP/LRP-a, uključujući postupke u cilju minimiziranja uticaja na PAPs tokom implementacije Projekta, uključujući posebne mere ublažavanja predviđene za osetljive grupe i žene;
- definisanje prava na žalbe i pritužbe, procesa, tela i procedura dostupnih PAPs-ima tokom implementacije projekta, uključujući izveštavanje o povratnim odgovorima na žalbe i pritužbe;
- opisivanje i obezbeđivanje smernica za izradu RAP/LRP-a i postupka odobrenja, nacрта budućih RAP/LRP-a i postupaka njihovog sprovođenja;
- naznačavanje zahteva za dostupnost i obelodanjivanje dokumenata javnosti, učešće i konsultacije javnosti u svim fazama pripreme Projekta; uključujući izradu RPF-a i RAP/LRP-a; a naročito uključujući javnu raspravu u PAP zajednicama tokom procesa nedobrovoljnog raseljavanja i implementacije Projekta, usled čega može doći do gubitka imovine;
- uspostavljanje rodno-osetljivog okvira za raseljavanje kako bi se utvrdili različiti uticaji, jer ekonomski i socijalni poremećaji ne dovode do jednakih poteškoća za žene i za muškarce;
- preciziranje internih aktivnosti praćenja u svim fazama Projekta, posebno kada je u pitanju raseljavanje, očuvanje pravnih uslova i proce definisanog ovim RPF-om, uključujući ocenjivanje raseljavanja;
- definisanje neophodnosti i obima praćenja i ocenjivanja procesa raseljavanja, uključujući ekstenzo praćenje i evaluaciju;
- obezbeđivanje obrazaca i upitnika koji su ključni za očuvanje i sprovođenje procesa nedobrovoljnog raseljavanja u okviru ovog RPF-a i RAP/LRP-a.

RPF postavlja vodeća načela za obavljanje nedobrovoljnog raseljavanja koje je vezano za Projekat, zarad blagovremenog, adekvatnog i efikasnog postupanja usmerenog ka izbegavanju, minimiziranju i naknadi svih negativnih uticaja raseljavanja. Nedobrovoljno raseljavanje izazvano Projektom će se obaviti kao rezultat građevinskih radova i drugih radova predviđenih u okviru Projekta, i vodiće se sledećim osnovnim načelima:

- po mogućstvu, bilo kakvo raseljavanje trebalo bi da bude izbegnuto ili barem minimizirano na najmanji mogući nivo istraživanjem održivih alternativnih rešenja u fazi projektovanja ili mikroporavnanja tokom poravnanja obilaznice;
- socio-ekonomsko istraživanje PAPs-a/domaćinstava se izvodi kako bi se ispitali svi pojedinačni uticaji, stvorila osnovna informacija i isplaniralo odgovarajuće raseljavanje/obnavljanje izvora egzistencije merama koje su opisane u RAP/LRF-u;
- socio-ekonomsko istraživanje će poslužiti kao popis lica koje nemaju pravno prepoznato parvo ili zahtev za zemljište koje zauzimaju; datum popis će biti datum preseka podobnosti za naknadu;
- javna rasprava će se odvijati i informacije će biti dostavljene PAPs-ima tokom celog stvaranja i implementacije RAP/LRP-a;
- sav gubitak zemljišta i imovine nadoknađuje se prema zamenskoj vrednosti, a izvori egzistencije PAPs-a se obnavljaju najmanje do nivoa koji je postojao pre implementacije Projekta;
- PAPs-ima će u svim fazama Projekta biti pružena stvarna pomoć u naporima u cilju obnavljanja izvora egzistencije i životnih standarda do nivoa pre realizacije Projekta i raseljavanja;
- svim potrebama za raseljavanjem upravljajući se u skladu sa nacionalnim zakonodavstvom, politikama raseljavanja IFIs-a, prihvaćenim međunarodnim najboljim praksama i osnovnim načelima ovog dokumenta;
- Posebna podrška i pažnja u procesu raseljavanja i tokom celokupne implementacije Projekta u okviru ovog RPF-a obezbeđuje se pogođenim osetljivim grupama shodno njihovoj specifičnoj osetljivosti. Takođe, cilj RPF-a predviđa uključenost žena, članova pogođenih domaćinstava, u svim javnim raspravama, posebne rodno-osetljive mere ublažavanja i druge mere u cilju davanja mogućnosti ženama da učestvuju u merama ublažavanja uticaja raseljavanja;
- u skladu sa ovim RPF-om, pripremiće se RAP i/ili LRP za sve slučajeve fizičkog i ekonomskog dislociranja;
- RPF i RAP/LRP će biti javno dostupni, pri čemu će javne rasprave biti održane pre konačnog usvajanja kako bi se omogućilo učestvovanje PAPs-a i zainteresovanih lica u planiranju i implementaciji raseljavanja vezanim za Projekat i u programima akvizicije zemljišta;
- tokom ciklusa implementacije Projekta i raseljavanja, zainteresovanim licima će biti dostupne jasne informacije o pravima i postupcima za ulaganje žalbi. Sve žalbe će biti razmotrene u toku implementacije Projekta i raseljavanja;
- Sve aktivnosti na raseljavanju i akviziciji zemljišta treba da budu osmišljene kao održivi projekti koji pružaju dovoljno investicionih resursa kako bi se omogućila načela i ciljevi nedobrovoljnog raseljavanja koji su utvrđeni u ovom RPF-u i RAP/LRP-u.
- Sveukupna naknada, raseljavanje i aktivnosti pri obnovi izvora egzistencije će biti redovno praćene.

#### 4. Zaključak

SIA treba da se smatra sastavnim delom procesa studije, a ne kao korak ili prepreka koja treba da se prevaziđe. Urađena loše, SIA može biti ništa drugo nego vežba za odnose sa javnošću nelegitimnog razvoja od strane beskrupuloznih finansijera. SIA nije osmišljena da ometa razvoj, već da poveća potencijalnu korist za sve strane u vezi sa razvojem. Za zajednicu to znači smanjenja socijalnih uticaja i maksimiziranje koristi. Za investitora znači smanjenja socijalnih uticaja i smanjenja troškova ispravljanja tih uticaja u budućnosti. Dobro urađena SIA povećava legitimitet razvoja, a može i olakšati proces razvoja. SIA uklanja neizvesnost iz procesa, i za zajednicu i investitora.

Učešće zajednice je od suštinskog značaja, posebno zbog povratnih informacija dobijenih od zajednice pri svakom izveštaju. Međutim, praksa učešća javnosti nisu sami po sebi procena društvenog uticaja. Vlade bi trebalo da razmotre odgovarajuće mere kako bi obezbedile da se SIA i EIA dovedu na zadovoljavajući standard. Osim toga, mora se prihvatiti da SIA ne može da bude krajnji vodič u donošenju odluka. Odluke su uvek bile i uvek će biti, iz nužde, političke. Ipak, SIA je korisno sredstvo u pružanju informacija koje će pomoći u tom procesu.

Predviđanje budućnosti na osnovu prošlosti je problematično, ali je procena uticaja upravo to.

#### Literatura

- [1] 2018., *CONNECTA-TRA-INFR-MNE-PD-01, Obilaznica oko Budve, poddeonica 1.1. ESIA*, Mott Macdonald S d.o.o., Srbija
- [2] 2016., *Zakon o zaštiti životne sredine*, Službeni Glasnik 14/2016
- [3] 2009., *Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu*, Službeni Glasnik 36/2009
- [4] 2016., *IUCN Environmental and Social Management System (ESMS) - Manual*, GEF Coordination Unit on behalf of the Programme and Policy Group, EU
- [5] 2016., *ESMS - Social Impact Assessment (SIA) - guidance note*, GEF Coordination Unit on behalf of the Programme and Policy Group, EU
- [6] 2012., *Performance Standards on Environmental and Social Sustainability*, IFC, World Bank Group
- [7] 2012., *Policy on Environmental and Social Sustainability*, IFC, World Bank Group
- [8] 2016., *GUIDANCE FOR SOCIAL IMPACT ASSESSMENT*, Social Inclusion and Poverty Reduction Unit, Government of the Republic of Serbia
- [9] 1996., *SOCIAL IMPACT ASSESSMENT: A CONTRIBUTION TO THE STATE-OF-THE-ART SERIES*, Rabel J. Burdge and Frank Vanclay, Institute of Environmental Studies, University of Illinois-Urbana Champaign, USA and Centre for Rural Social Research and teaches sociology at Charles Sturt University, Wagga Wagga, Australia.



# PRIMENA MEĐUNARODNIH STANDARDA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE I DRUŠTVENO-EKONOMSKIH PITANJA: SRBIJA I REGION

Ana Pavlović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arup, [ana.pavlovic@arup.com](mailto:ana.pavlovic@arup.com)

**Rezime:** Međunarodne finansijske institucije promovišu međunarodnu ekonomsku saradnju i stabilnost kroz pružanje finansijske podrške zemljama u razvoju. U okviru svojih investicionih aktivnosti, ove institucije, a naročito Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD), Svetska banka/Međunarodna finansijska korporacija (WB/IFC) i Evropska investiciona banka (EIB), podržale su veliki broj kapitalnih infrastrukturnih projekata u regionu. S obzirom da ovakvi projekti mogu imati dugoročne posledice na životnu sredinu i društveno-ekonomski pitanja, ove institucije su razvile politike sa ciljem upravljanja takvim rizicima kroz čitav projektni ciklus: u procesu pokretanja projekta, njegovog planiranja, realizacije i operacije. Na ovaj način se osigurava da se projekti sprovode u skladu sa dobrom međunarodnom praksom i ujedno se jačaju kapaciteti organizacija koje sprovode projekte.

**Ključne reči:** životna sredina, procena uticaja, međunarodne finansijske institucije, Evropska unija

## 1. UVOD

Međunarodne finansijske institucije igraju važnu ulogu na projektima koji podstiču društveni i ekonomski napredak zemalja u razvoju. Ovakvi projekti sa sobom nose rizike koji, ukoliko se na njih ne odgovori na adekvatan način, mogu imati teške posledice na životnu sredinu i društvo. Stoga se uključivanje međunarodnih finansijskih institucija u ovakve projekte uslovljava ispunjavanjem zahteva, koji su kreirani da takvim rizicima upravljaju, sprečavaju ih i ublažavaju. Predmet ovog rada je komparativna analiza usklađenosti regulativa zemalja u regionu (Srbija, Crna Gora, Hrvatska, Bosna i Hercegovina) sa zahtevima za zaštitu životne sredine i upravljanjem društveno-ekonomskim pitanjima međunarodnih finansijskih institucija (EBRD; EIB; WB/IFC) i direktivama Evropske unije. Cilj analize je da utvrdi poziciju nacionalne regulative u Srbiji u odnosu na dobru međunarodnu praksu i zemlje u regionu.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1 Zahtevi međunarodnih finansijskih institucija

Evropska banka za obnovu i razvoj posluje u skladu sa svojom Politikom za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja (*Environmental and Social Policy*). Politika sa svojih deset uslova za realizaciju (*Performance Requirements*), je poslednji put usvojena 2014. godine, a kako je na svakih 5 godina predmet razmatranja, tokom tekuće godine će biti ažurirana. Kao sastavni deo Okvira za održivi razvoj (*Sustainability Framework*) Svetska banka / Međunarodna finansijska korporacija je 2012. godine usvojila osam Standarda za učinak u oblasti održivog razvoja životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja (*Performance Standards on Environmental and Social Sustainability*). Pored toga, na snazi je i *Politika o pristupu informacijama (Access to Information Policy)*, koja se bavi pitanjima transparentnosti i obaveze objavljivanja relevantnih informacija. Evropska investiciona banka je svoje zahteve definisala u Izjavi o principima i standardima životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja (*Statement on Environmental and Social Principles and Standards*), koja je izvorno usvojena 2010. godine, a s vremenom je podlegla brojnim izmenama.

Neretko se dešava da je više međunarodnih finansijskih institucija uključeno u jedan projekat, (kao što je to bio slučaj sa Koridorom 10 u Srbiji, gde su bile uključene sve tri finansijske institucije koje su predmet ovog rada) te ne čudi težnja ovih institucija da svoje zahteve koordinišu radi bržeg i efikasnijeg postizanja određenih ciljeva. Zahtevi Evropske banke za obnovu i razvoj, Svetske banke / Međunarodne finansijske korporacije i Evropske investicione banke mogu se grupisati u 9 tematskih oblasti, kako je prikazano u Tabeli 1 u nastavku. Najveća razlika među ovim zahtevima je Uslov za realizaciju 9 EBRD-a, koji se tiče finansijskih posrednika, a koji nije sadržan u politikama druge dve institucije.

**Tabela 1 Zahtevi međunarodnih finansijskih institucija**

Standard / Zahtev
-------------------

<sup>1</sup> Ana Pavlović: [ana.pavlovic@arup.com](mailto:ana.pavlovic@arup.com)

Primena međunarodnih standarda za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja:  
Srbija i region

Oblast	EBRD	WB/IFC	EIB
Procena uticaja	Procena uticaja na životnu sredinu i društveno-ekonomska pitanja	Procena i upravljanje rizicima i uticajima po životnu sredinu i društveno-ekonomska pitanja	Procena i upravljanje rizicima i uticajima na životnu sredinu i društveno-ekonomska pitanja
Uslovi rada	Radni uslovi i uslovi rada	Rad i uslovi rada	Standardi vezani za rad Prava i interesi ugroženih grupa
Sprečavanje zagađenja i odgovorno korišćenje resursa	Efikasnost resursa, prevencija i kontrola zagađenja	Efikasnost resursa i sprečavanje zagađenja	Sprečavanje i smanjivanje zagađenja Standardi vezani za klimu
Bezbednost i zdravlje	Zdravlje i bezbednost	Zdravlje, bezbednost i sigurnost zajednice	Bezbednost i zdravlje na radu i javni bezbednost i zdravlje
Eksproprijacija	Otkup zemljišta, prinudno raseljavanje i izmeštanje poslovnih aktivnosti	Otkup zemljišta i prinudno raseljavanje	Prinudno raseljavanje Prava i interesi ugroženih grupa
Biodiverzitet	Očuvanje biodiverziteta i održivo upravljanje prirodnim resursima	Očuvanje biodiverziteta i održivo upravljanje živim prirodnim resursima	Biodiverzitet i ekosistemi Standardi vezani za klimu
Staresedelačko stanovništvo	Staresedelačko stanovništvo	Staresedelačko stanovništvo	Prava i interesi ugroženih grupa
Kulturno nasleđe	Kulturno nasleđe	Kulturno nasleđe	Kulturno nasleđe
Angažovanje zainteresovanih strana	Objavlivanje podataka i uključivanje zainteresovanih strana	Politika o pristupu informacijama	Angažovanje zainteresovanih strana Prava i interesi ugroženih grupa

## 2.2 Direktive Evropske unije

Direktive Evropske unije jedan su od tri vrste obavezujućih pravnih akata Evropske unije. Za razliku od ugovora i uredbi, direktive definišu cilj koji zemlje članice Evropske unije moraju ispuniti u određenom roku, dok definisanje načina na koji će taj cilj biti ispunjen ostaje u nadležnosti država, ukoliko je on u skladu sa pravom EU.<sup>2</sup> Treba napomenuti da je među zemljama koje su predmet ovog rada jedino Republika Hrvatska članica Evropske unije, što je ujedno čini i jedinom zemljom za koju su direktive obavezujuće, odnosno jednom zemljom protiv koje Evropska komisija može da pokrene postupak zbog povrede prava. Međutim, jedan od zahteva za pristupanje Evropskoj uniji, u kojem se procesu nalaze Srbija, Crna Gora i Bosna i Hercegovina je usvajanje celokupnog zakonodavstva Evropske unije, uključujući i direktive. (<http://www.mc.rs/proces-pristupanja-i-kriterijumi.1589.html>).

Direktive Evropske unije u oblasti zaštite životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja na projektima linearne infrastrukture grupisane su prema istim oblastima kao i zahtevi međunarodnih finansijskih institucija i prikazane u Tabeli 2 u nastavku. Pitanje staresedelačkog stanovništva nije relevantno za teritoriju evropskog kontinenta, te s toga nije predmet ni jedne od direktiva. Direktivama se takođe ne uređuju ni pitanja eksproprijacije i kulturnog nasleđa. Pitanje kulturnog nasleđa i uloga Evropske unije u njegovom očuvanju sadržano je u članu 167 Ugovora o funkcionisanju EU. Član 17 Povelje Evropske unije o osnovnim pravima definiše pravo na imovinu i lišavanje iste u korist javnog interesa.

**Tabela 2** Direktive Evrope unije

Oblast	EU Direktiva
Procena uticaja	Direktiva 2011/92/EU (kojom se menja Direktiva 85/337/EEZ) o proceni uticaja na životnu sredinu Direktiva Saveta Evrope 2001/42/SE o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu Direktiva 2004/35/SE o odgovornosti za životnu sredinu u pogledu sprečavanja i otklanjanja štete u njoj

<sup>2</sup> Borchardt, Klaus-Dieter, 2010, The ABC of EU Law, Publications Office, EU, p. 86

Uslovi rada	Direktiva 94/33/SE o zaštiti mladih ljudi na radu Direktiva 2006/54/SE o sprovođenju načela jednakih mogućnosti i jednakog postupanja prema muškarcima i ženama u pitanjima zapošljavanja i rada Direktiva 2000/78/SE o uspostavljanju opšteg okvira za jednako postupanje prilikom zapošljavanja i obavljanja zanimanja Direktiva 2004/113/SE o sprovođenju načela jednakog postupanja prema muškarcima i ženama u pristupu i nabavci robe, odnosno pružanju usluga
Sprečavanje zagađenja i odgovorno korišćenje resursa	Direktiva 2008/50/SE o kvalitetu vazduha i čistijem vazduhu za Evropu Direktiva 2008/32/SE o izmeni Direktive 2000/60/SE o uspostavljanju okvira za delovanje Zajednice u području vodne politike, u pogledu ovlašćenja dodeljenih Komisiji Direktiva 2014/80/SE o izmeni Priloga II Direktivi 2006/118/SE o zaštiti podzemnih voda od zagađenja i pogoršanja stanja Direktiva 2002/49/SE o proceni i upravljanju bukom iz životne sredine Direktiva 2006/12/SE o otpadu Direktiva 2003/33/SE o deponijama Direktiva 2008/98/SE o otpadu I stavljanju van snage određenih direktiva Direktiva 2008/1/SE o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja
Bezbednost i zdravlje	Direktiva 89/391/EEZ o uvođenju mera za podsticanje poboljšanja bezbednosti i zdravlja radnika na radu Direktiva 94/33/SE o minimalnim bezbednosnim i zdravstvenim uslovima na gradilištu Direktiva 96/82/SE o kontroli opasnosti od teških nesreća koje uključuju opasne materije Direktiva 2009/104/SE o minimalnim bezbednosnim i zdravstvenim zahtevima pri upotrebi radne opreme na radnom mestu Direktiva 92/58/EEZ o minimalnim zahtevima za postavljanje bezbednosnih znakova i/ili znakova za zaštitu zdravlja na radu Direktiva 92/57/EEZ o primeni minimalnih sigurnosnih i zdravstvenih uvjeta na privremenim ili pokretnim gradilištima Direktiva 90/269/EEZ o minimalnim zdravstvenim i bezbednosnim uslovima pri ručnom prenošenju tereta u slučajevima kad postoji opasnost posebno od povreda leđa radnika Direktiva 96/2008/SE o upravljanju bezbednošću putne infrastrukture
Biodiverzitet	Direktiva 92/43/EEZ o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore Direktiva 79/409/EEZ o pticama
Angažovanje zainteresovanih strana	Direktiva 2003/4/SE o slobodi na pristup informacijama

### 2.3 Zakonodavni okvir Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine

U nastavku teksta prikazani su nacionalni pravni okviri Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine, grupisani na isti način kao i zahtevi međunarodnih finansijskih institucija i Evropske unije. Treba napomenuti da se određenim zakonima reguliše više od jedne oblasti, ali je svaki zakon zbog raspoloživosti prostora naveden samo jednom.

**Tabela 3 Zakonodavni okvir Srbije**

Oblast	Zakon
Procena uticaja	Zakon o zaštiti životne sredine (Službeni glasnik RS, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - državni akt, 72/2009 - državni zakon i 43/2011 - Rezolucija US-a i 14/2016) Zakon o zaštiti prirode (Službeni glasnik RS, br. 36 / 2009,88 / 2010, 91/2010 i 14/2016) Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Službeni glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009) Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ("Službeni glasnik RS", br. 135/2004 i 88/2010)
Uslovi rada	Zakon o radu Republike Srbije (Službeni glasnik RS br. 24/2005, 61/2005, 54/2009, 32/2013, 75/2014) Zakon o radnim odnosima u državnim organima (Službeni glasnik RS br. 48/1991, 66/1991, 44/1998, 49/1999, 34/2001, 39/2002, 49/2005, 79/2005, 81/2005) , 83/2005 i 23/2013) Zakon o mirnom rešavanju radnih sporova (Službeni glasnik RS br. 125/2004, 104/2009, 50/2018) Zakon o platama zaposlenih i imenovanih u državnim organima i javnim službama (Službeni glasnik RS br. 62/2006, 63/2006, 115/2006, 107/2007, 99/2010, 108/2013, 99/2014, 21 / 2016) Zakon o društveno-ekonomskom veću (Službeni glasnik RS br. 125/2004) Zakon o mobingu (Službeni glasnik RS br. 36/10) Zakon o štrajku (Službeni list SRJ br. 29/96 i RS br. 101/2005, 103/2012) Zakon o zapošljavanju i osiguranju za slučaj nezaposlenosti (Službeni glasnik RS br. 36/2009, 88/2010 i 38/2015)

Primena međunarodnih standarda za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja:  
Srbija i region

	<p>Zakon o penzijskom i invalidskom osiguranju (Službeni glasnik RS br. 34/2003, 64/2004, 84/2004, 85/2005, 101/2005, 63/2006, 05/2009, 107/2009, 101/2010, 93 / 2012, 62/2013, 108/2013, 75/2014, 142/2014, 73/2018)</p> <p>Zakon o doprinosima za obavezno socijalno osiguranje (Službeni glasnik RS br. 84/2004, 61/2005, 62/2006, 5/2009, 52/2011, 101/2011, 7/2012, 8/2013, 47/2013, 108/2013, 6/2014, 57/2014, 68/2014, 5/2015, 5/2016, 7/2017, 113/2017, 7/2018)</p> <p>Zakon o sprečavanju diskriminacije osoba sa invaliditetom (Službeni glasnik RS br. 33/2006, 13/2016)</p> <p>Zakon o ravnopravnosti polova (Službeni glasnik RS br. 104/2009)</p>
Sprečavanje zagađenja i odgovorno korišćenje resursa	<p>Zakon o komunalnim delatnostima (Službeni glasnik RS, br. 88/2011, 104/16)</p> <p>Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja životne sredine (Službeni glasnik RS br. 135/2004 i 25/2015)</p> <p>Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Službeni glasnik RS br. 88/11 i 101/2015)</p> <p>Zakon o zaštiti vazduha (Službeni glasnik RS, br. 36/2009 i 10/2013)</p> <p>Zakon o vodama (Službeni glasnik RS, br. 30 / 2010,93 / 2012 i 101/2016)</p> <p>Pravilnik o granicama ispuštanja zagađivača u vodnim telima i rokovima za njihova ostvarenja (Službeni glasnik RS, br. 67/2011 i 48/2012)</p> <p>Zakon o zaštiti životne sredine od buke (Službeni glasnik RS, br. 36/2009 i 88/2010)</p> <p>Zakon o upravljanju otpadom (Službeni glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016)</p> <p>Uredba o odlaganju otpada na deponijama (Službeni glasnik RS, br. 92/2010)</p> <p>Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu (Službeni glasnik RS br. 36/2009)</p> <p>Zakon o prevozu opasnih materija (Službeni list br. 88/2010 i 104/2016)</p> <p>Zakon o hemikalijama (Službeni glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010, 92/2011, 93/2012 i 25/2015)</p> <p>Zakon o energetske efikasnosti (Službeni glasnik RS, br. 25/2013)</p> <p>Zakon o energetici (Službeni glasnik RS br. 145/2014)</p>
Bezbednost i zdravlje	<p>Zakon o zaštiti na radu (Službeni glasnik RS, br. 101/2005, 91/2015 i 113/2017)</p> <p>Zakon o zaštiti od požara (Službeni glasnik br. 111/09 i 20/2015)</p> <p>Zakon o vanrednim situacijama (Službeni glasnik RS br. 111/2009, 92/2011 i 93/2012)</p>
Eksproprijacija	<p>Zakon o eksproprijaciji (Službeni glasnik RS br. 53/95, 16/01, 20/09, 55/13, 106/16)</p> <p>Zakon o poljoprivrednom zemljištu (Službeni glasnik RS br. 62/2006, 65 / 2008,41 / 09, 112/2015, 80/2017)</p> <p>Zakon o prostornom planiranju i izgradnji (Službeni glasnik RS, br.72 / 2009, 81/2009 - ispravka, 64/2010, 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013, 98/2013, 132/2014 i 145/2014)</p>
Biodiverzitet	<p>Zakon o šumama (Službeni glasnik RS, br. 46/91, 83/92, 53/93, 60/93 - ispravka, 48/94, 54/96 i 101/2005)</p> <p>Zakon o izmenama i dopunama Zakona o šumama (Službeni glasnik RS, br. 30/2010, 93/2012 i 89/2015)</p> <p>Zakon o zaštiti životinja (Službeni glasnik RS, br. 41/2009)</p> <p>Zakon o veterinarstvu (Službeni glasnik RS br. 91 / 2005,30 / 2010 i 93/2012)</p> <p>Zakon o uzgoju stoke (Službeni glasnik RS" br. 41/2009, 92/2012 i 14/2016)</p> <p>Zakon o sredstvima za zaštitu bilja (Službeni glasnik RS br. 41/2009)</p> <p>Zakon o biljnom zdravlju ("Službeni glasnik RS", br. 41/2009)</p>
Kulturno nasleđe	<p>Zakon o kulturnoj baštini (Službeni glasnik RS br. 71/94, 52/2011, 99/2011)</p>
Angažovanje zainteresovanih strana	<p>Zakon o slobodnom pristupu informacijama od javnog značaja (Službeni glasnik RS br. 120/04, 54/07, 104/09, 36/10)</p>

**Tabela 4 Zakonodavni okvir Crne Gore**

Oblast	Zakon
Procjena uticaja	<p>Zakon o zaštiti životne sredine (Službeni list Crne Gore br. 48/2008, 40/10, 40/11, 27/14)</p> <p>Zakon o zaštiti prirode (Službeni list Crne Gore br. 51/08, 21/09, 40/11, 62/13)</p> <p>Zakon o procjeni uticaja na životnu sredinu (Službeni list Crne Gore br. 080/05, 040/10, 073/10, 040/11, 027/13, 052/16)</p> <p>Zakon o strateškoj procjeni uticaja na životnu sredinu (Službeni list Crne Gore br. 073/10, 040/11, 059/11, 052/16)</p> <p>Zakon o odgovornosti za štetu u životnoj sredini (Službeni list Crne Gore br. 56/09, 58/09, 40/11)</p>

<p>Uslovi rada</p>	<p>Zakon o radu (Sl. List CG, br. 49/08, 26/09, 59/11, 66/12)          Zakon o dobrovoljnom radu („Službeni list CG“, br. 26/10, 31/10, 14/12)          Zakon o zapošljavanju i radu stranaca (Sl. List CG, br. 22/08, 32/11)          Zakon o zapošljavanju i ostvarivanju prava iz osiguranja za slučaj nezaposlenosti (Službeni list CG, br. 14/11, 40/11, 45/12, 61/13, 20/15)          Zakon o stručnom osposobljavanju lica sa visokim obrazovanjem (Sl. List CG, br. 46/12)          Zakon o platama zaposlenih u javnom sektoru (Sl. List CG, br. 16/16, 83/16, 21/17, 42/17, 12/18)          Zakon o socijalnoj i dječjoj zaštiti (Sl. List CG, br. 28/13, 1/15, 42/15, 47/15)          Zakon o profesionalnoj rehabilitaciji i zapošljavanju osoba sa invaliditetom (Sl. List CG, br. 49/08, 73/10, 39/11)          Zakon o zlostavljanju na radu (Sl. List CG, br. 30/12)          Zakon o mirnom rješavanju radnih sporova (Sl. List CG, br. 16/07, 53/11, 11/15)          Opšti kolektivni ugovor (Sl. List CG, br. 14/14)          Zakon o štrajku („Službeni list Crne Gore“, br.11 / 15)          Zakon o penzijskom i invalidskom osiguranju ("Službeni list CG", br. 54/03, 39/04, 79/04, 81/04, 29/05, 14/07, 47/07, 12/07, 13/07, 79/08, 14/10, 78/10, 34/11, 40/11, 66/12, 36/13, 38/13, 61/13, 6/14, 10/15, 42/16, 55 / 16)          Zakon o naknadi štete korisnicima penzijskog i invalidskog osiguranja (Službeni list CG br. 40/08, 78/10)          Zakon o zdravstvenom osiguranju (Sl. List CG, br. 6/16, 2/17)          Zakon o doprinosima za obavezno socijalno osiguranje (Sl. List CG, br. 013/07, 079/08, 086/09, 078/10, 014/12, 062/13, 008/15, 022/17)          Zakon o zabrani diskriminacije (Službeni list CG, br. 46/10, 40/11, 18/14, 42/17)          Zakon o zabrani diskriminacije osoba sa invaliditetom (Sl. List CG, br. 39/11)          Zakon o ravnopravnosti polova (Sl. List CG, br. 46/07, 73/10, 40/11, 35/15)</p>
<p>Sprječavanje zagađenja i odgovorno korišćenje resursa</p>	<p>Zakon o integrisanom sprječavanju i kontroli zagađenja životne sredine (Službeni list Crne Gore, br. 054/09, 040/11, 042/15, 054/16)          Zakon o organskoj proizvodnji (Službeni list Crne Gore, br. 56/13)          Zakon o rudarstvu (Službeni list Crne Gore, br. 65/08, 74/10)          Zakon o geološkim istraživanjima (Službeni list Crne Gore br. 28/93, 27/94, 42/94, 26/07)          Zakon o zaštiti vazduha (Službeni list Crne Gore 025/10, 040/11, 043/15)          Zakon o zaštiti vode (Službeni list Crne Gore 073/10, 032/11, 047/11, 048/15, 052/16)          Zakon o finansiranju vodoprivrede (Službeni list Crne Gore 064/08, 074/10, 040/11)          Zakon o morskim resursima (Službeni list Crne Gore 14/92, 59/92, 27/94, 51/08, 21/09, 73/10, 40/11)          Zakon o zaštiti mora od zagađenja iz plovila (Službeni list Crne Gore 20/11, 26/11, 27/14)          Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini (Službeni list Crne Gore 28/11, 1/14)          Zakon o upravljanju otpadom (Službeni list Crne Gore br. 64/11, 39/16)          Zakon o komunalnim djelatnostima (Službeni list Crne Gore br. 02/17)          Zakon o hemikalijama (Službeni list Crne Gore br. 51/17)          Zakon o biocidima (Službeni list Crne Gore br. 54/16)          Zakon o energiji (Službeni list Crne Gore br. 5/16, 51/17)          Zakon o energetske efikasnosti (Službeni list Crne Gore br. 57/14)          Zakon o ratifikaciji Kjoto Protokola uz Konvenciju Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama (Službeni list Crne Gore br. 17/07)</p>
<p>Bezbjednost i zdravlje</p>	<p>Zakon o zaštiti od jonizujućeg zračenja i radijacijskoj sigurnosti (Službeni list Crne Gore, br. 56/09, 58/09, 40/11)          Zakon o bezbjednosti na radu (Službeni list Crne Gore br. 34/14)          Zakon o zaštiti stanovništva od zaraznih bolesti (Službeni list Crne Gore br. 32/2005)          Zakon o zaštiti građana Republike Crne Gore na radu u inostranstvu (Službeni list Crne Gore br. 11/04, 35/13)          Zakon o zaštiti i spašavanju (Službeni list Crne Gore br. 13/07, 32/11, 54/16)          Zakon o eksplozivnim materijama (Službeni list Crne Gore br. 49/08, 58/08, 31/14, 31/17)          Zakon o transportu opasnih supstanci (Službeni list Crne Gore br. 33/14, 13/18)          Zakon o zapaljivim tečnostima i gasovima (Službeni list Crne Gore, br. 26/10, 31/10, 48/15)</p>
<p>Eksproprijacija</p>	<p>Zakon o poljoprivredi i ruralnom razvoju (Službeni list Crne Gore, br. 56/09, 18/11, 40/11, 34/14, 1/2015, 30/17, 51/2017)          Zakon o eksproprijaciji (Sl. List CG, br. 21/08, 30/17)</p>
<p>Biodiverzitet</p>	<p>Zakon o nacionalnim parkovima (Službeni list Crne Gore, br. 28/14, 39/16)          Zakon o šumama (Službeni list Crne Gore, br.074/10, 040/11, 047/15)          Zakon o reproduktivnom materijalu šuma (Službeni list Crne Gore, br. 37/07)          Zakon o divljači i lovu (Službeni list Crne Gore, br. 074/10, 040/11, 047/15)          Zakon o morskome ribolovu i mari kulturi (Službeni list Crne Gore br. 56/09, 40/11)          Zakon o slatkovodnom ribolovu (Službeni list Crne Gore br. 11/07, 40/11)          Zakon o lovu (Službeni list Crne Gore br. 52/2008)          Zakon o genetski modifikovanim organizmima (Službeni list Crne Gore br. 22/08, 40/11)</p>
<p>Kulturno nasleđe</p>	<p>Zakon o kulturnom nasleđu (Službeni list Crne Gore, br. 49/10, /17)</p>

Primena međunarodnih standarda za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja:  
Srbija i region

Angažovanje zainteresovanih strana	Zakon o potvrđivanju Konvencije o pristupačnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine (Sl. List Crne Gore - Međunarodni ugovori, br. 03/09) Zakon o slobodnom pristupu informacijama (Sl. List CG br. 44/12, 30/17)
------------------------------------	---

**Tabela 5 Zakonodavni okvir Hrvatske**

Oblast	Zakon
Procena uticaja	Nacionalni akcijski plan djelovanja u zaštiti okoliša (Narodne novine br. 46/02) Plan intervencija u zaštiti okoliša (Narodne novine br. 82/99, 86/99, 12/01) Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (Narodne novine. 61/14) Zakon o zaštiti okoliša (Narodne novine br. 80/13, 78/15) Zakon o zaštiti prirode (Narodne novine br. 80/13)
Uslovi rada	Zakon o radu Republike Hrvatske (Narodne novine 93/14, 127/17) Zakon o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prometu (Narodne novine 75/13, 36/15)
Sprečavanje zagađenja i odgovorno korišćenje resursa	Zakon o zaštiti zraka (Narodne novine br. 130/11, 47/14) Zakon o vodama (Narodne novine br. 153/09, 130/11, 56/13, 14/14) Zakon o održivom gospodarenju otpadom (Narodne novine br. 94/13) Zakon o zaštiti od buke (Narodne novine br. 30/09, 55/13, 153/13, 41/16) Zakon o rudarstvu, (Narodne novine br. 56/13 and 14/14) Zakon o ravnopravnosti spolova (Narodne novine 82/08, 69/17) Zakon o profesionalnoj rehabilitaciji i zapošljavanju osoba sa invaliditetom (Narodne novine 157/13, 152/14, 39/18) Zakon o obavljanju studentskih poslova (Narodne novine 96/18) Zakon o hrvatskim braniteljima Domovinskog rata i članovima njihovih obitelji (Narodne novine 174/04, 92/05, 02/07, 107/07, 65/09, 146/10, 55/11, 140/12, 19 / 13, 33/13, 148/13, 92/14)
Bezbednost i zdravlje	Zakon o zaštiti na radu (Narodne novine 71/14, 118/14, 94/18, 96/18) Zakon o obveznom zdravstvenom osiguranju (Narodne novine 80/13, 137/13) Zakon o kemikalijama (Narodne novine 18/13, 115/18) Zakon o popisu profesionalnih bolesti (Narodne novine 162/98, 107/07) Zakon o ograničavanju uporabe duhana i srodnih proizvoda (Narodne novine 45/17, 114/18) Zakon o prijevozu opasnih tvari (Narodne novine br. 79/07) Zakon o zaštiti od požara (Narodne novine 92/10) Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima (Narodne novine br. 56/10) Zakon o sigurnosti na cestama (Narodne novine 67/08, 74/11, 80/13, 92/14, 64/15, 108/17) Zakon o uklanjanju mina / djelovanju (Narodne novine br. 118/18) Nacionalni program uklanjanja mina / akcija Republike Hrvatske (za 2018., u pripremi za 2019. godinu)
Eksproprijacija	Zakon o izvlaštenju i određivanju naknade (Narodne novine 74/14, 69/17) Zakon o procjeni vrijednosti nekretnina (Narodne novine 78/15) Zakon o upravljanju državnom imovinom (Narodne novine 52/18) Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (Narodne novine br. 91/96, 68/98, 137/99, 114/01, 100/04, 107/07, 152/08, 126/10, 55/13, 60/13, 108/17) Zakon o uređivanju imovinskopravnih odnosa u svrhu izgradnje infrastrukturnih građevina (Narodne novine br. 80/11) Zakon o prostornom uređenju (Narodne novine br. 153/13) Zakon o poljoprivredi (Narodne novine 149/09) Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o poljoprivredi (Narodne novine 120/12) Zakon o poljoprivrednom zemljištu (Narodne novine br. 39/13, 48/15) Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o poljoprivrednom zemljištu (Narodne novine br. 48/15)
Biodiverzitet	Zakon o šumama (Narodne novine br. 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 94/14) Zakon o lovstvu (Narodne novine br. 140/05, 75/09, 14/14)
Kulturno nasleđe	Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (Narodne novine br. 69/99, 151/03; Narodne novine br. 157/03 ispravka, Narodne novine br. 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 98/15 - Uredba)

Angažovanje zainteresovanih strana	Zakon o pravu na pristup informacijama (Narodne novine 25/13, 85/15) Uredba o informiranju i sudjelovanju javnosti i zainteresirane javnosti u pitanjima zaštite okoliša (Narodne novine br. 64/08)
------------------------------------	--

**Tabela 6 Zakonodavni okvir Bosne i Hercegovine**

Oblast	Zakon
Procena uticaja	Zakon o zaštiti okoliša (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 33/03, 38/09) Zakon o zaštiti prirode (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 66/3) Zakon o fondu za zaštitu okoliša (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 33/03) Zakon o fondu i finansiranju zaštite životne sredine (Službeni glasnik Republike Srpske br. 117/11, 3/14)
Uslovi rada	Zakon o radu u institucijama Bosne i Hercegovine (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine br. 26/04, 48/05, 60/10, 32/13, 93/17) Zakon o državnoj službi u institucijama Bosne i Hercegovine (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, br. 12/02, 19/02, 8/03, 35/03, 4/04, 17/04, 26/04, 37 / 04, 48/05, 2/06, 50/08, 43/09, 8/10, 40/12, 93/17) Zakon o ravnopravnosti spolova u Bosni i Hercegovini (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine br. 16/03, 102/09) Zakon o zabrani diskriminacije (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, br. 59/09, 66/16) Zakon o zaštiti prava pripadnika nacionalnih manjina (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, br. 12/03, 76/05, 93/08) Zakon o radu (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 26/16) Zakon o vijeću zaposlenika (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, Br. 38/04) Opći kolektivni ugovor za područje Federacije Bosne i Hercegovine (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 54/05, 62/08) Zakon o zapošljavanju stranaca (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, broj 111/2012) Zakon o štrajku (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, broj 14/2000) Zakon o profesionalnoj rehabilitaciji, osposobljavanju i zapošljavanju osoba s invaliditetom (Narodne novine FB i H, br. 9/10) Zakon o zdravstvenom osiguranju (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 30/97, 7/02, 70/08 i 48/11) Zakon o zdravstvenoj zaštiti (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 46/10, 75/13) Zakon o posredovanju u zapošljavanju i socijalnom osiguranju nezaposlenih osoba (Službene novine Federacije BiH, br. 55/2000, 41/01, 22/05, 9/08) Zakon o mirovinskom i invalidskom osiguranju Federacije Bosne i Hercegovine (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 29/98, 49/00, 32/01, 75/05, 59/06, / 08) Zakon o doprinosima (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, broj 35/98, 54/00, 16/01, 37/01, 1/02, 17/06, 14/08) Zakon o dobrovoljnim mirovinskim fondovima (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, broj 104/16) Zakon o jedinstvenoj registraciji, kontroli i plaćanju doprinosa (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 42/09, 109/12, 86/15) Zakon o radu (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 1/16) Zakon o radničkim vijećima (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 26/01) Zakon o zapošljavanju stranih državljana i građana bez državljanstva (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 24/09, 117/11) Zakon o posredovanju u zapošljavanju i pravima nezaposlenih (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 30/10, 102/12) Zakon o štrajku (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 111/08) Zakon o mirnom rješavanju radnih sporova (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 111/08) Zakon o evidenciji rada i zdravstvenom osiguranju (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 18/94, 64/06) Zakon o zdravstvenoj zaštiti (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 106/09 i 44/15) Zakon o zdravstvenom osiguranju (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 18/99, 51/01, 70/01, 51/03, 57/03, 17/08, 01/09, 106/09, 110/16) Zakon o socijalnoj zaštiti (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 91/16) Zakon o mirovinskom i invalidskom osiguranju (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 134/11, 82/13, 96/13, 103/15) Zakon o doprinosima (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 114/17) Zakon o profesionalnoj rehabilitaciji, osposobljavanju i zapošljavanju osoba s invaliditetom (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 37 / 12,82 / 15)
Sprečavanje zagađenja i odgovorno korišćenje resursa	Zakon o rudarstvu (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 26/10) Zakon o geološkom istraživanju (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 9/10)

Primena međunarodnih standarda za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja:  
Srbija i region

	<p>Zakon o poljoprivrednoj organskoj proizvodnji (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 72/16)</p> <p>Zakon o organskoj proizvodnji (Službeni glasnik Republike Srpske br. 12/13)</p> <p>Zakon o mineralnim đubrivima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 24/12)</p> <p>Zakon o rudarstvu (Službeni glasnik Republike Srpske br. 51/04, 75/10, 110/13)</p> <p>Zakon o geološkim istraživanjima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 51/04, 75/10, 110/13)</p> <p>Zakon o zaštiti zraka (Službene novine Bosne i Hercegovine br. 33/03, 04/10)</p> <p>Zakon o zaštiti vazduha (Službeni glasnik Republike Srpske br. 124/11, 46/17)</p> <p>Zakon o vodi (Službene novine Bosne i Hercegovine br. 33/03, 04/10)</p> <p>Zakon o vodi (Službeni glasnik Republike Srpske br. 50/06, 92/09)</p> <p>Zakon o zaštiti od buke (Službene novine Bosne i Hercegovine br. 110/12)</p> <p>Zakon o upravljanju otpadom (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 33/03)</p> <p>Zakon o upravljanju otpadom (Službeni glasnik Republike Srpske br. 111/13, 106/15, 16/18)</p> <p>Zakon o prevozu opasnih materija (Službeni glasnik Republike Srpske br. 15/16)</p> <p>Zakon o hemikalijama (Službeni glasnik Republike Srpske br. 21/18)</p> <p>Zakon o biocidima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 37/09)</p> <p>Zakon o obnovljivim izvorima energije i učinkovitoj kogeneraciji (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 70/13, 05/14)</p> <p>Zakon o energetske učinkovitosti (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 22/17)</p> <p>Zakon o obnovljivim izvorima energije i učinkovitoj kogeneraciji (Službeni list Republike Srpske, br. 39/13, 108/13)</p> <p>Zakon o energetske efikasnosti (Službeni list Republike Srpske, br. 59/13)</p>
<p>Bezbednost i zdravlje</p>	<p>Zakon o radijaciji i nuklearnoj sigurnosti (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 88/07)</p> <p>Zakon o zaštiti na radu (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 22/90)</p> <p>Zakon o zaštiti i spašavanju ljudi i materijalnih dobara od prirodnih i drugih nesreća (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 39/03, 22/06, 43/10)</p> <p>Zakon o zaštiti od požara i vatrogasnoj službi (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 65/09)</p> <p>Zakon o zaštiti na radu (Službeni list Republike Srpske, br. 01/08, 13/10)</p> <p>Zakon o zaštiti od požara (Službeni list Republike Srpske, br. 6/09)</p> <p>Zakon o zaštiti i spašavanju u vanrednim situacijama (Službeni list Republike Srpske, br. 121/12)</p> <p>Zakon o prometu eksplozivnih materija i zapaljivih tečnosti i gasova (Službeni list Republike Srpske, br. 16/96, 110/03, 67/05, 1/08)</p>
<p>Eksproprijacija</p>	<p>Zakon o eksproprijaciji (Službene novine Federacije BiH, br. 70/07, 36/10, 25/12)</p> <p>Zakon o eksproprijaciji (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 112/06, 37/08, 66/08 ispravka, 110/10, 79/15)</p> <p>Zakon o poljoprivredi (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 88/07, 4/10, 27/12, 7/13)</p> <p>Zakon o poljoprivrednoj zemlji (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 52/09)</p> <p>Zakon o prostornom planiranju i korištenju zemljišta (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 2/06, 72/07, 32/08, 4/10, 13/10, 45/10)</p> <p>Zakon o poljoprivredi (Službeni glasnik Republike Srpske br. 70/06, 71/09)</p> <p>Zakon o poljoprivrednom zemljištu (Službeni glasnik Republike Srpske br. 93/06, 86/07)</p> <p>Zakon o uređenju prostora i izgradnji (Službeni glasnik Republike Srpske br. 40/13)</p>
<p>Biodiverzitet</p>	<p>Zakon o genetski modificiranim organizmima (Službene novine Bosne i Hercegovine br. 23/09)</p> <p>Zakon o sjemenu i sadnom materijalu šumskih i hortikulturnih vrsta drveća i žbunja (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 71/05, 8/10)</p> <p>Zakon o priznavanju i zaštiti sorti poljoprivrednih i šumskih kultura (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 31/00)</p> <p>Zakon o lovu (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 4/06, 84/14)</p> <p>Zakon o lovu (Službeni glasnik Republike Srpske br. 60/09, 34/08)</p> <p>Zakon o slatkovodnom ribarstvu (Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine, br. 64/04)</p> <p>Zakon o ribarstvu (Službeni glasnik Republike Srpske br. 72/12)</p> <p>Zakon o šumama (Službeni glasnik Republike Srpske br. 60/03, 75/08, 30/10)</p> <p>Zakon o reproduktivnom materijalu šumskog drveća (Službeni glasnik Republike Srpske br. 70/09)</p> <p>Zakon o zaštiti i dobrobiti životinja (Službeni glasnik Republike Srpske br. 111/08)</p> <p>Zakon o genetski modifikovanim organizmima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 103/08)</p> <p>Zakon o nacionalnim parkovima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 75/10)</p>



Kulturno nasleđe	Zakon o kulturnim dobrima (Službeni glasnik Republike Srpske br. 11/95, 103/08)
Angažovanje zainteresovanih strana	Zakon o slobodnom pristupu informacijama (Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, br. 28/00, 45/06, 102/09 i 62/11)

### 3. METODOLOGIJA

Prilikom istraživanja korišćena je kvalitativna analiza zasnovana na sekundarnim podacima, a sa ciljem utvrđivanja stepena usklađenosti regulative Srbije i zemalja u regionu (Crne Gore, Hrvatske, Bosne i Hercegovine) sa zahtevima međunarodnih finansijskih institucija i direktivama Evropske unije. Ovaj pristup ima svoja ograničenja, jer istraživača ograničava u opusu istraživačkih pitanja koja može da postavi i na koja može da dobije odgovor. Tako je na osnovu dostupnih podataka moglo biti utvrđeno postojanje ili odsustvo (potpuno ili delimično) pomenutih zahteva u zakonima Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine, ali ne i stepen implementacije ovih zakona, tačnije koliko je činjenično stanje u skladu sa zahtevima Evropske banke za obnovu i razvoj, Svetske banke / Međunarodne finansijske korporacije, Evropske investicione banke i direktivama Evropske unije.

### 4. REZULTATI

#### 4.1 Procena uticaja

Politike međunarodnih finansijskih institucija i direktive Evropske unije ovim zahtevima identifikuju integrisanu procenu uticaja na životnu sredinu i društveno-ekonomska pitanja i uspostavljanje Politike i Sistema za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja kod klijenta. Ovim zahtevima se propisuje sprovođenje nulte procene stanja, čime se kasnije omogućava praćenje uticaja. Na osnovu identifikovanih uticaja, klijent razvija Plan upravljanja zaštitom životne sredine i društveno-ekonomskim pitanjima, koji sadrži hijerarhiju mera za eliminisanje i/ili ublažavanje štetnih uticaja, uključuje pitanja u vezi sa upravljanjem trećim licima i lancima snabdevanja. Poseban akcenat se stavlja na jačanje kapaciteta kako bi se obezbedilo da se identifikovane mere na adekvatan način planiraju i sprovode. Važnu ulogu igra i izveštavanje o učinku u zaštiti životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja jer omogućava uvođenje novih mera za upravljanje rizicima, ukoliko je to potrebno.

Iako u nacionalnim zakonodavnim okvirima Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine postoje određeni zahtevi za pripremu dokumenata, procena i planova koji pružaju informacije o uticajima na životnu sredinu i društveno-ekonomska pitanja (idejni projekat, projekat za izvođenje, projekat za građevinsku dozvolu), ne može se smatrati da oni u potpunosti odgovaraju gorenavedenim propisima međunarodnih finansijskih institucija i Evropske unije. Zakoni ovih država ne predviđaju izradu Politike i Sistema za zaštitu životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja, ali postoje zahtevi koji se tiču upravljanjem ovim pitanjima. Međutim, oni su sadržani u različitim zakonima, podzakonskim aktima i propisima. Oni propisuju obavezu klijenta da posluje u skladu sa svim zakonom propisanim standardima u oblasti zaštite životne sredine i očuvanju kulturne baštine, dok je društveno-ekonomska komponenta u velikoj meri zanemarena. Ne postoje zakonske odredbe o pitanjima u vezi sa upravljanjem trećim licima u lancima snabdevanja, ali postoje zakoni da se radovi izvode isključivo od strane licenciranih stručnjaka i sa obaveznim adekvatnim nadzorom.

#### 4.2 Uslovi rada

Ovim se zahtevima uređuju radni odnosi i štite osnovna prava radnika: zabrana dečjeg i prinudnog rada, zabrana diskriminacije, mogućnost organizovanja radnika u sindikate i radničke organizacije i obezbeđivanje adekvatnog smeštaja za radnike. Njima se reguliše pitanje kolektivnog smanjenja broja zaposlenih i mogućnost zaposlenih da, zbog povrede svojih prava, ulože žalbu. Ovi zahtevi se ne odnose samo na direktne zaposlene klijenta, već i na radnike koji nisu u stalnom odnosu, već su angažovani preko izvođača, podizvođača i drugih posrednika. Ukoliko se na projektu angažuju radnici obezbeđenja, neophodno je utvrditi da se poštuje dobra međunarodna praksa u pogledu njihove obuke i pravila ponašanja. Zahtevi uključuju i obavezu klijenta da se uveri da kompanije u njihovom lancu snabdevanja, podgovarači i dr. takođe poštuju navedena prava radnika. Ovaj zahtev, sa druge strane, nije propisan zakonima Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine i Hrvatske. Izuzevši njega, nema značajnih razlika između zahteva definisanim nacionalnim zakonodavstvom svake od zemalja i propisima međunarodnih finansijskih institucija i Evropske unije.

#### 4.3 Sprečavanje zagađenja

Nivo zagađenja zemlje, vode i vazduha se može povisiti kao posledica projekta, čime se dalje mogu ugroziti ljudi i životna sredina, te se ovi zahtevi bave merama koje klijent treba da preduzme kako bi se ovo sprečilo ili ublažilo kroz korišćenje resursa na najbolji način i kontrolisanje ispuštanja zagađivača u životnu sredinu, uključujući i ispuštanje gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Osnovni principi na kojima se ovi zahtevi zasnivaju su "zagađivač plaća" i načelo da šteta treba da bude otklonjena na svom izvoru, a posebno se naglašava značaj korišćenja najbolje dostupne tehnike i dobre međunarodne prakse. Otpad koji se tokom projekta generiše treba se ponovo upotrebiti, preraditi, uništiti ili odložiti na propisan način bezbedan po okolinu, koristeći licencirana preduzeća i uz pripremu dokumentacije o lancu odgovornosti. Klijent je takođe u obavezi da izbegne ili smanji upotrebu opasnih materijala i održivo koristi pesticide.

Ovi zahtevi su u velikoj meri integrisani u nacionalne pravne okvire Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine, te zakonske odredbe predviđaju obavezu da se uvek koristi najbolja dostupna tehnika i poboljšanje u efikasnosti u korišćenju energije, vode i drugih resursa. Klijent je dužan da kroz procenu uticaja na životnu sredinu utvrdi mere za minimiziranje upotrebe resursa. Međutim, u određenim oblastima nije postignuta potpuna primena pomenutih standarda međunarodnih finansijskih institucija i Evropske unije, npr. standarda vezanih za klimatske promene i ispuštanja gasova koji izazivaju efekat staklene bašte, standarda vezanih za upravljanje otpadom i dozvoljenom nivou prisutnosti određenih opasnih materija. Osim opštih zakonskih odredbi o zaštiti vode, nema drugih zahteva za praćenje dobre međunarodne prakse o korišćenju vode u tehničke svrhe.

#### **4.4 Bezbednost i zdravlje**

Projekat za posledicu može imati i povećanu izloženost radnika (zaposlenih na neodređeno, određeno i privremeno, sezonske, migrante i radnike koji nisu u stalnom radnom odnosu) i projektom pogođenih zajednica bezbednosnim i zdravstvenim rizicima, koje je klijent dužan da identifikuje, izbegne ili ublaži. Ovi rizici mogu varirati tokom projektnog ciklusa. Klijent je dužan da informiše i obučava navedena pogođena lica o svim pitanjima koja se tiču bezbednosti i zdravlja, da osigura preventivne i mere zaštite. Radnicima je neophodno obezbediti opremu za ličnu zaštitu i adekvatan nadzor. Prema zahtevima međunarodnih finansijskih institucija, klijent takođe mora odgovoriti na sve nezgode i hitne situacije.

Nacionalni pravni okviri Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine se ne razlikuju u velikoj meri od prethodno opisanih standarda međunarodnih finansijskih institucija i Evropske unije. Postoje mnoge zakonske odredbe o obavezi klijenta da reaguje na incidente, nesreće i vanredne situacije na način koji odgovara njegovim operativnim rizicima. Ono što može dovesti do postojanja neusaglašenosti jeste raspoloživa zaštitna oprema, disciplina zaposlenih prilikom njenog korišćenja i njihovoj informisanosti o pitanjima iz oblasti bezbednosti i zdravlja. Takođe, nacionalni zakoni predviđaju samo površne i opšte odredbe o angažovanju zainteresovanih strana i pogođenih zajednica i objavljivanju planova o bezbednosti i zdravlju i informisanje javnosti o bezbednosnim rizicima, a odredbe koje se tiču izloženosti bolestima nisu u potpunosti jasne.

#### **4.5 Eksproprijacija**

Ovi zahtevi se odnose na otkup zemljišta i sa njime povezanih struktura i dobara koje nastaje za potrebe ili kao posledica projekta i fizičko izmeštanje (dobrovoljno ili prinudno), ili izmeštanje poslovnih aktivnosti koje može nastati zbog gubitka imovine ili pristupa njoj. Oni propisuju obezbeđivanje naknade za ovakve gubitke, u naturi ili visine troškova njihove zamene, kao i druge vrste pomoći. Ovo se čini u skladu sa Okvirom sa raseljavanje i/ili ponovno uspostavljanje izvora prihoda u slučajevima kada su razmere otkupa zemljišta nepoznate, a slučajevi neidentifikovani, odnosno u skladu sa Akcionim planom raseljavanja / Planom za ponovno uspostavljanje izvora prihoda, kada neophodne informacije postanu dostupne. Sve aktivnosti se sprovode uz blagovremeno obaveštavanje javnosti i smisleno učešće pogođenih lica. Zahtevi nalažu uspostavljanje žalbenog mehanizma, koji bi omogućio svim zainteresovanim stranama da izraze svoje prigovore.

U nacionalnom zakonodavstvu zemalja koje su predmet ovog rada, ne postoje odredbe koje se tiču ranog angažovanja zainteresovanih strana ili njihovog osnaživanja da učestvuju u procesu donošenja odluka. Lica koja će formalno biti pogođena procesom eksproprijacije obično prve informacije o ovome

dobijaju putem objavljivanja javnog interesa. Za razliku od međunarodnih finansijskih institucija i Evropske unije, nema posebnih zahteva koji se tiču ranjivih grupa. Zakoni predviđaju pravičnu naknadu za projektom zahvaćenu zemlju, objekte i useve, ali ona ne uzima u obzir amortizaciju. Pravo na naknadu se omogućava samo formalnim vlasnicima, dok neformalni vlasnici ili korisnici mogu primiti naknadu samo uz ispunjavanje posebno propisanih uslova. Osim pripreme parcelacijskih elaborata sa popisom formalnih vlasnika i njihovom imovinom, zakonodavstvo ne predviđa sastavljanje drugih dokumenata kojim bi se otklonili ili umanjili štetni društveno-ekonomski uticaji vezani za eksproprijaciju na projektu.

#### **4.6 Biodiverzitet**

Zahtevi kojima se sprečavaju ili ublažavaju uticaji koje projekat može imati na biodiverzitet se odnose na gubitak staništa i narušavanje ekosistema, klimatske promene i adaptaciju na njih, invazivne vrste, migracione koridore i dr. Ukoliko su uticaji takvi da mogu imati nepovratne posledica na biodiverzitet, sprovođenje projekta je dozvoljeno jedino uz ispunjavanje propisanih uslova. Ovi zahtevi ističu da je potpuno izbegavanje uticaja na biodiverzitet i usluge ekosistema u određenim slučajevima jedini način da se izbegne nezamenljiv gubitak.

Glavni principi i ciljevi pomenutih zahteva su uključeni u nacionalne zakone Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Iako su nacionalni pravni okviri u velikoj meri u skladu sa međunarodnim standardima za zaštitu prirode, biodiverziteta i ekosistema, uočeni su određeni nedostaci. Uslovi za dobijanje građevinskih dozvola su nedovoljno fokusirani pitanja u vezi sa očuvanjem biodiverziteta, a zakonima se ne prepoznaje značaj formiranja informacionih sistema o biodiverzitetu. Ne postoje zakonske odredbe koje se tiču invazivnih vrsta, kao ni zahtevi za postizanje punog stepena zaštite. Sa druge strane, postoje oblasti koje su regulisane nacionalnim zakonima, ali su međunarodni zahtevi stroži i na višem nivou, kao što je slučaj sa nultom procenom uticaja na biodiverzitet ili očuvanjem kritičnih staništa.

#### **4.7 Kulturno nasleđe**

Ovi zahtevi su usmereni na eliminisanje i ublažavanje štetnih uticaja koje projekt može imati na materijalno i nematerijalno kulturno nasleđe, odnosno na mere zaštite koje se trebaju preduzeti ukoliko se tokom projektnih aktivnosti otkriju kulturna dobra.

Ne postoje značajne razlike između ovih zahteva i onih koje propisuju zakoni Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Procena uticaja na kulturnu baštinu se osigurava u ranoj fazi projekta. Ukoliko se utvrdi da uticaj postoji, klijent je u obavezi da preduzme neophodne studije i konsultacije i unese potrebne izmene u projekat, ukoliko ih ima. Takođe je neophodno obezbediti da obučeno i kvalifikovano osoblje bude na raspolaganju za nadgledanje i sprovođenje mera eliminisanja ili ublažavanja štetnih uticaja, kao i usvajanje procedure za situacije slučajnih pronalazaka kulturnih dobara. Jedina identifikovana razlika između pomenutih zahteva se tiče situacija kada lokacija i položaj projekta sprečavaju pristup prethodno dostupnom kulturnom dobru, gde u nacionalnim zakonima ne postoji zahtev za obezbeđivanjem alternativnog puta.

#### **4.8 Angažovanje zainteresovanih strana**

Ovi zahtevi promovišu snažno angažovanje zainteresovanih strana, a posebno ranjivih grupa, kroz čitav projektni ciklus. Sastavni deo ovog angažovanja čine svrsishodne konsultacije, objavljivanje informacija i uspostavljanje delotvornog žalbenog mehanizma, kojim se zainteresovanim stranama omogućava da iznesu svoje prigovore. Ove aktivnosti se sprovode u skladu sa Planom za angažovanje zainteresovanih strana, koji se razvija za projekat.

U skladu sa zakonodavnim okvirom Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Bosne i Hercegovine, konsultacije sa zainteresovanim stranama se sprovode prilikom usvajanja prostornih planova, kao i planova generalne i detaljne regulacije i njihovih izmena. Zakoni o pravu na pristup informacijama u svakoj od zemalja omogućavaju svim zainteresovanim stranama da pošalju upit o projektu. Iako je zainteresovanim stranama u svakom trenutku omogućeno da posegnu za pravnim lekom, ne postoje zakonske odredbe kojima se investitor obavezuje da zainteresovanim stranama obezbedi mehanizam za pritužbe. Ni jedna od pomenutih zemalja u svojoj zakonskoj regulativi nema zahtev o usvajanju dokumenta koji bi se mogao uporediti sa Planom za angažovanje zainteresovanih strana.

## 5. ZAKLJUČAK

Kao cilj rada postavljeno je utvrđivanje Srbije u odnosu na zemlje u regionu i dobru međunarodnu praksu u oblasti zaštite životne sredine i društveno-ekonomskih pitanja. Na osnovu pregleda nacionalnih zakonodavnih okvira svake od zemalja koje su predmet rada (Srbija, Crna Gora, Hrvatska, Bosna i Hercegovina), može se utvrditi da se ovim oblastima upravlja nizom zakona koji su usvojeni tokom prethodne dve decenije i između kojih nema značajnih razlika. Njihove odredbe su u manjoj ili većoj meri usaglašene sa dobrom međunarodnom praksom. Iako je nesporno da postoji potreba za usklađivanjem u svim oblastima, „Procena uticaja“ se prepoznaje kao oblast u kojoj su uočene razlike najznačajnije, jer predstavlja preduslov za sveobuhvatno identifikovanje rizika koje projekat sa sobom nosi i adekvatnog određivanje mera za ublažavanje i praćenje njihove efikasnosti, kao i temelj za ispunjavanje svih ostalih zahteva međunarodnih finansijskih institucija i direktiva Evropske unije.

### Literatura

- [1] Borchardt, Klaus-Dieter, 2010, *The ABC of EU Law*, Publications Office, EU, 86 p.
- [2] EBRD (2014) Environmental and Social Policy (on-line) available at <https://www.ebrd.com/downloads/research/policies/esp-final.pdf> (2019)
- [3] WB/IFC (2012) Environmental and Social Performance Standards (on-line) available at [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/24e6bfc3-5de3-444d-be9b-226188c95454/PS\\_English\\_2012\\_Full-Documents.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jkV-X6h](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/24e6bfc3-5de3-444d-be9b-226188c95454/PS_English_2012_Full-Documents.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jkV-X6h) (2019)
- [4] EIB (2018) Environmental and Social Standards (on-line) available at <https://www.eib.org/en/publications/environmental-and-social-standards.htm> (2019)

## MORTALITET NEKIH PREDSTAVNIKA FAUNE VERTEBRATA NA PUTEVIMA REZERVATA ZASAVICA (PRILOG 2)

Stanković Mihajlo

Specijalni rezervat prirode Zasavica-Pokret gorana Sr. Mitrovica, Svetog Save 19, 22.000 Sremska Mitrovica, e-mail: [zasavica@zasavica.org.rs](mailto:zasavica@zasavica.org.rs)

### Rezime

Mortalitet nekih predstavnika faune vertebrata (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*) praćen je u periodu 1997.-2018.godina, na asfaltnim i zemljanim putevima u i oko rezervata. Ukupno je stradalo 2588 jedinki predstavnika faune vertebrata, od čega je determinisano 91 vrsta sa ukupno 2170 stradalih jedinki. Na putevima uz i oko Zasavice ukupno je stradalo 2588 jedinki od čega 441 su sisari, 380 ptice, 295 reptili i 994 vodozemci. Od ukupno 2588 jedinki determinisano je 226 jedinki sisara, 249 ptica, 275 reptila i 992 jedinki vodozemaca. Ukupno je stradalo 29 vrsta sisara, 47 vrsta ptica i po 10 vrsta reptila i vodozemaca. Kod sisara najveći broj stradanja zabeležen je kod: *Apodemus flavicolis* sa ukupno 24 jedinke, tu izdvajamo stradanje retkih vrsta *Lutra lutra*, *Castor fiber*, *Felis silvestris* i *Mustela eversmanii* koja je na ovaj način potvrđena u rezervatu. Od kako je 2004. godine *Castor fiber* reintrodukovan u Zasavicu do 2018. godine imali smo 7 stradanja ove vrste na putevima, dok kod ptica najveći broj stradanja je zabeležen kod *Columba livia domestica* sa ukupno 71 jedinkom i kod *Pica pica* sa ukupno 61 stradalom jedinkom. U klasi gmizavaca najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Elaphe longissimus* sa ukupno 58 jedinki i kod *Natrix natrix* sa ukupno 29 stradalih jedinki, a u klasi vodozemaca najveći broj stradanja je zabeležen kod kompleksne vrste iz grupe *Rana esc.complex* sa ukupno 538 jedinki i kod *Rana dalmatina* sa ukupno 215 stradalih jedinki.

Ključne reči: mortalitet, fauna vertebrata, Zasavica

## MORTALITY OF SOME REPRESENTATIVE FAUNA VERTEBRATA OF THE ROAD RESERVE ZASAVICA (ANNEX 2)

### Summary

Mortality of some representative fauna of vertebrates (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* and *Mammalia*) was observed in the period 1997- 2018. years, the asphalt and dirt roads in and around the reserve. A total of 2588 individuals were killed fauna representative vertebrates, of which 91 species determined with a total of 2170 injured individuals. On the roads around and around Zasavica, 2588 individuals were killed, out of which 441 were mammals, 380 birds, 295 reptiles and 994 amphibians. Of the total of 2588 individuals, 226 mammals, 249 birds, 275 reptiles and 992 amphibians were determined. In total, 29 species of mammals, 47 bird species and 10 species of reptiles and amphibians were killed. The structure of suffering by groups is as follows: **Mammalia**: *Insectivore* 3 species with 38 individuals, *Rodentia* 13 species with 131 individuals, *Lagomorpha* 1 species with 9 individuals, *Carnivora* 11 species with 43 individuals and Chiroptera with 5 individuals. The largest number of sufferings was recorded in: *Apodemus flavicolis* with a total of 24 individuals. We highlight the starvation of rare species of *Lutra lutra*, *Castor fiber*, *Felis silvestris* and *Mustela eversmanii*. In this way, *Mustela eversmanii* has been confirmed in the reserve. Since the year 2004, *Castor fiber* has been reintroduced into Zasavica until 2018, we suffered 7 cases of this kind on the roads. **Aves**: *Galliformes*, *Falconiformes* and *Strigiformes* by 4 species; *Charadriiformes* 5 species; *Columbiformes* 3 species; *Anseriformes*, *Piciformes* and *Coraciiformes* by 2 species; *Pelecaniformes*, *Ciconiiformes* by 1 species of *Passeriformes* is present with 13 species. The highest number of sufferings was recorded with *Columba liver domestica* with a total of 71 individuals and *Pica pica* with a total of 61 individuals. **Reptilia**: *Testudines* are one species with a total of 4 individuals, the *Saurida* 4 species with 131 individuals and *Serpentes* 5 species with 137 individuals. The highest number of starvation was recorded in the *Elaphe longissimus* species with a total of 58 individuals and *Natrix natrix* with a total of 29 injured individuals. **Amphibia**: *Caudata* 3 species with a total of 6 individuals and *Anura* 7 species with 967 individuals. The highest number of injuries was recorded in the complex species from the group *Rana esc.complex* with a total of 538 individuals and the *Rana dalmatiana* with a total of 215 individuals.

Key words: mortality, fauna of the vertebrate, Zasavica

### UVOD

Uzroci gubitka biodiverziteta su mnogobrojni, međusobno uslovljeni i u najvećem broju slučajeva teško se otklanjaju. Mnoge životinje gonjene nagonom parenja, prezimljavanja ili ishrane svake godine preduzimaju

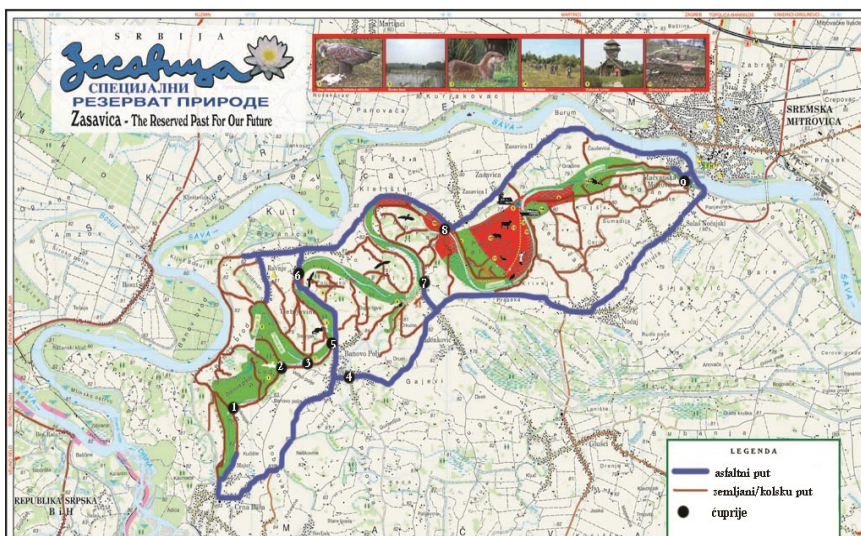
svoje migracije ili kretanja koja uvek imaju određeni pravac i konstantnost. Njihove koridore čovek je ispresecao mrežom saobraćajnica pretvorivši ih u „staze smrti“. Vežanost životinja za određena mesta, njihova zavičajnost predstavlja otežavajuću okolnost za neke grupe životinja zbog čega jednom fiksirani put se ne napušta uprkos masovnom stradanju svake godine (Stanković,2009). Urbanizacija društva i izgradnja infrastrukture pored izmene autohtonosti predela gde za posledicu imamo narušavanje svih komponenti strukture ekosistema. Širenje savremenog društva uslovalo je sve gušću povezanost tih celina mrežama puteva što je doprinelo pojavi stradanja na putevima u značajnoj progresiji. Već sad možemo navesti na desetine vrsta životinja čiji pripadnici redovno plaćaju danak eksplozivnoj urbanizaciji. Stradanje životinja na putevima česta je tema istraživanja širom Evrope. Mnogi autori kao objekat istraživanja imaju samo jednu grupu (npr. *Mammalia*, *Aves*, *Reptilia* ili *Amphibia*) Zamfirescu et.al.(2010) ili vrstu životinje (npr. *Lepus europeus*, *Meles meles*, i dr.) Roedenbeck, & Voser, (2007); Silva,et.al.(1993), a ponekad se obrađuje i više grupa zajedno poput Hell,et.al.,(2004) koji su obradili stradanje sisara i ptica na putevima Slovačkog Podunavlja. Bliska Zasavici je Obedska bara zaštićeno i Ramsarsko područje u Srbiji, koja je bila predmet istraživanja autora Pantelić,N.(1995) o nastradalim vodozemcima i gmizavcima na asfaltnom putu uz nju.

Mačva je smeštena na dodiru panonske i planinske oblasti i uvek je predstavljalo prirodno stecište saobraćajnica. Još u Rimsko doba Sirmium je bio veliki grad i saobraćajno čvorište regiona. Tokom Turske, potom Austro-Ugarske vlasti u Bosni i Habzburške vlasti u Sremu, reka Drina i Sava su bile ne samo prirodne nego i granične barijere za saobraćaj. Važnost saobraćajnog položaja područja oživljava u XX veku, kada su državne granice sa reka uklonjene i izgrađen most na Savi. Sad ovo područje ima ulogu saobraćajne sponne između Srbije i Republike Srpske u okviru BiH Federacije. Drumski saobraćaj u Mačvi ima značajnu ulogu u prevozu robe i putnika po otvaranju graničnog prelaza Badovinci. Sad na delu puta uz Zasavicu ka Ravnju, Banovom Polju i Bogatiću pojačava se broj vozila. Sremskomitrovački deo opštine u Mačvi ima ukupno 58 km savremenih puteva od toga 33 km su regionalni a 25 km lokalni asfaltni putevi (Izvor RZS Opštine u Srbiji, 1992). Magistralni i regionalni putevi čine okosnicu putne mreže ovog područja. Od ukupne dužine lokalnih puteva, koji su prostorno najzastupljeniji na one sa savremenim kolovozom (asfaltirano) dolazi oko 60% (Grčić,M.,Grčić,Lj,2002).

Pogodnost za očuvanje autohtone prirode Rezervata predstavljaju niska gustina naseljenosti, delimično teška prohodnost i pristupačnost, ne razvijena putna mreža u režimu II stepena zaštite.

### Materijal i metode rada

Metodologija ovih istraživanja podrazumevala je beleženje nastradalih životinja na asfaltnim i zemljanim putevima u granicama i neposrednoj blizini rezervata. Jedino na lokalitetu Turske livade imamo situaciju da je u početku to bio zemljani put koji je kasnije asfaltiran i tu je najveći broj stradanja na prilazu za Vizitorski centar. Beležene su životinje iz sledećih grupa vertebrata: *Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*, posebno stradale na asfaltnim a posebno na zemljanim putevima i čuprijama u periodu 1997.-2018. god. Za organizme koji se nisu mogli determinisati na terenu fotografisani su ili uzeto je perje, dlaka, krljušt i sl. Determinacija je obavljena prema sledećoj literaturi: Đurović,et.al.,(1979), Harry & Born, (1981), Puzović, (2000), Heinzl,et.al.,(1999), Radovanović & Martino,(1950), Robert, (1987), Bertel,B, (2004).



Karta sa putevima u i oko rezervata Zasavica

## Rezultati sa diskusijom

Mortalitet nekih predstavnika faune vertebrata (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*) praćen je u periodu 1997.-2018. godina, na asfaltnim ali i zemljanim putevima u i oko rezervata. Ukupno je stradalo 2558 različitih jedinki predstavnika faune vertebrata, od čega je determinisano i sistematizovano 91 vrsta sa ukupno 2170 stradalih jedinki.

Analiza rezultata i diskusija je data za svaku grupu:

**Mammalia (sisari):** Na putevima uz i oko Zasavice ukupno je stradalo 2588 jedinki od čega 441 su sisari. A od ukupno nastradalih 441 jedinka, determinisano je 226 jedinki. Ukupno je stradalo 29 vrsta sisara od čega: *Insectivore* 3 vrste sa 38 jedinki, *Rodentia* 13 vrsta sa 131 jedinkom, *Lagomorfa* 1 vrsta sa 9 jedinki, *Carnivora* 11 vrsta sa 43 jedinke i *Chiroptera* sa 5 jedinki. Ako pogledamo strukturu stradanja determinisanih sisara ona bi izgledala sledeće: od ukupno 226 jedinki *Insectivore* su zastupljene sa 38 jedinki, *Rodentia*, sa 131 jedinkom, *Lagomorfa* sa 9 jedinki, *Carnivora* sa 43 jedinke i *Chiroptera* sa 5 jedinki. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Apodemus flavicolis* sa ukupno 24 jedinke i kod *Apodemus agrarius* sa ukupno 21 stradalom jedinkom. Izdvajamo stradanje retkih vrsta *Lutra lutra*, *Castor fiber*, *Felis silvestris* i *Mustela eversmanii*. Na ovaj način potvrđeno je u rezervatu prisustvo vrste *Mustela eversmanii*. Od kako je 2004. godine *Castor fiber* reintrodukovan u Zasavicu do 2018. godine imali 7 stradanja ove vrste na putevima.

Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II, dužine 4 km ukupno je stradalo 6 vrsta sisara sa ukupno 9 jedinki. Radi se o vrstama *Meles meles*, *Rattus norvegicus*, *Lepus europaeus*, *Mustela puturis* i *Erinaceus roumanicum* a posebno se izdvaja stradanje slepog miša jedna jedinka u 2005.-oj godini. Asfaltni put između Zasavice II i Zasavice I dužine 2 km, stradalo je 12 vrsta sa ukupno 20 jedinki. Najveći broj stradanja bio je kod vrste *Apodemus flavicolis* 7 jedinki u 2005.-oj godini, dok kod ostalih 11 vrsta (*Rattus norvegicus*, *Castor fiber*, *Meles meles*, *Lepus europeus*, *Ondatra zibethica*, *Talpa europea*, *Martes martes*, *Arvicola terrestris*, *Erinaceus roumanicum*, *Mustela erminea* i *Vulpes vulpes*) stradala je po jedna jedinka. Najduža deonica je trasa između Zasavice I i Ravnja dužine 5 km, gde je stradalo 9 vrsta sa ukupno 28 jedinki. Kao i na prethodnim trasama i ovde je *Apodemus flavicolis* imao najveći broj stradanja 6 jedinki u 2005.god., zatim slede *Chiroptera* sa 4 jedinke u 1998. god i *Rattus norvegicus* sa 4 jedinke iste godine. Trasa puta od Ravnja do Banovog polja dužine 3 km imala je najveći broj stradanja 15 vrsta sa ukupno 21 jedinkom. Najveći broj stradanja po dve jedinke imamo kod vrste *Felis silvestris* u 1999.-oj godini, *Martes martes*, i *Mustela erminea* u 1997.-oj godini, dok *Arvicola terrestris* ima po jedno stradanje u dve godine 1997. i 2007. god. Na ovoj trasi izdvaja se stradanje semiakvatičnih vrsta *Lutra lutra* (2005) i *Castor fiber* (2004) odma posle reintrodukcije i *Mustela puturis* (2013) kao silvikolne vrste. Stradanja je bilo i na putu Salaš Noćajski- Noćaj i Noćaj-Radenković. Na putu Salaš Noćajski- Noćaj stradale su 4 vrste sa ukupno 4 jedinke i to *Meles meles* (2006), *Erinaceus roumanicum* (2009), *Vulpes vulpes* (2012) i *Lepus europeus* (1998), dok su na putu Noćaj-Radenković stradalo 7 vrsta sa ukupno 10 jedinki i to *Puturis puturis*, *Glis glis*, *Vulpes vupes*, *Lutra lutra*, *Sciurus vulgaris*, *Mustela eversmanii* i *Meles meles*.



Slika 1. *Mustela eversmanii*, nastradali primerak čije prisustvo na ovaj način je potvrđeno u rezervatu

Pored asfaltnih puteva, stradanja su beležena i na zemljanim putevima po atarima, gde je najveći broj stradanja bio kod vrste *Talpa europaea* sa 20 jedinki. Nešto veći broj stradanja na ovim putevima bio je i kod tri vrste glodara (*Rattus norvegicus*, *Arvicola terrestris* i *Apodemus agrarius*). Na lokalitetu Vrbovac u ataru mesta Radenković na zemljanom putu koji prolazi pored njive sa jedne strane i šume sa druge nađena je 2011. godine stradala jedinka *Martes erminea* i *Sorex araneus* 2010. godine.

Razlog stradanju silvikolnih vrsta (*Felis silvestris*, *Glis glis*, *Martes martes* i *Sciurus vulgaris*) je taj što put ide tik uz šumski kompleks koji je uz vodotok Zasavica a velika blizina vode je razlog stradanja semiakvatičnih vrsta *Lutra lutra*, *Arvicola terrestris* i *Castor fiber*.

**Aves (ptice):** Od ukupno 2588 stradalih jedinki, 380 su ptice a od toga 249 jedinki je determinisano. Ukupno je stradalo 47 vrsta ptica. Struktura stradanja determinisanih ptica data je po redovima: *Galliformes*, *Falconiformes* i *Strigiformes* po 4 vrste; *Charadriiformes* 5 vrsta; *Columbiformes* 3 vrste; *Anseriformes* i *Coraciiformes* po 2 vrste; *Pelecaniformes*, *Ciconiformes* i *Piciformes* po 1 vrsta a *Passeriformes* je prisutni sa 13 vrsta. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Columba livia domestica* sa ukupno 71 jedinkom i kod *Pica pica* sa ukupno 61 stradalom jedinkom. Najveći broj ukupnog stradanja bio je 1999. i 2000. godine sa 47 jedinki po godini, zatim sledi 2002. godina sa 46 jedinki, pa 2003. god sa 44 jedinke i 2001. god sa 43 jedinke.

Na asfaltnom putu između Zasavice II i Zasavice I stradalo je 12 vrsta sa ukupno 14 jedinki. Najveći broj stradanja bio je kod vrste *Vanellus vanellus* 3 jedinke u 2001.-oj godini. Dve vrste iz reda *Falconiformes* su stradale na ovoj destinaciji i to *Buteo buteo* 2004. god i *Accipiter sp.* 2001. god. Beleži se stradanje *Charadrius dubius*-a koji je verovatno preletao iz pravca Valjevca. Na trasi između Zasavice I i Ravnja stradalo je 15 vrsta sa ukupno 19 jedinki. Najveći broj stradanja po dve jedinke imamo kod vrste *Pica pica*, *Anas platyrhynchos* i *Asio otus*. Po jedna stradala jedinka je zabeležena kod svih *Falconiformes* i *Strigiformes*. Zbog blizine vode i bogatog emergnog pojasa stradala je i jedna globalno ugrožena vrsta *Phalacrocorax pygmeus* u 2003. godini. Kod reda *Strigiformes* su stradale dve vrste sa ukupno 4 jedinke (*Asio otus* po jedna jedinka u 2005. i 2007. god; *Strix aluco* jedna jedinka u 2006. i 2013. god.). Trasa puta od Ravnja do Banovog polja imala je stradanje 15 vrsta sa ukupno 20 jedinki. Najveći broj stradanja tri jedinke imamo kod vrste *Streptopelia tutor* u 1998.-oj godini, i *Buteo buteo* dve jedinke i to po jedna u 2003. i 2004. godini. Red *Falconiformes* je zastupljen sa dve stradale vrste (*Buteo buteo* i *Accipiter sp.*) u 1998. god, kao i dve vrste iz reda *Strigiformes* (*Tyto alba* 2005. god., *Asio flammeus* 2002. god. i *Strix aluco* 2016.god.) Ovde beležimo stradanje i jedne retke i tajnovite vrste *Scolopax rusticola*. Zbog blizine šumskog kompleksa na ovoj trasi stradale su i silvikolne vrste poput *Tyto alba*, *Asio flammeus*, *Scolopax rusticola*, *Oriolus oriolus*, *Garrulus glandarius* i dr, a zbog blizine vodotoka Zasavica beleži se stradanje i *Alcedo atthis*-a. Stradanja na putu Mačvanska Mitrovica –Zasavica II beležimo kod *Larus ridibundus*-a u 2005. godini i to je jedino stradanje ptica na ovoj destinaciji. Na putu Noćaj-Radenković stradalo je 5 vrsta sa ukupno 5 jedinki i to *Phasianus colchicus* (2002), *Streptopelia turtur* (2015), *Cygnus olor* (2017), *Buteo buteo* (2018) i *Parus major*. Na putu Radenković-Banovo Polje stradala je jedna vrsta sa jednom jedinkom i to *Athene noctua* (2017). Ukupno je za posmatrani period stradalo 45 vrsta ptica sa 58 jedinki na asfaltnom putu i 6 vrsta na zemljanim putevima. U 2006. godini je registrovan najveći broj stradanja ptica 10 vrsta na asfaltnom putu.

Po sezonama gledano, tokom zime najviše stradalih ptica na asfaltnom putu je bilo 2006. godine ukupno 3 vrste i 2 vrste u 2017.godini, u proleće po 5 vrsta u 2001. i 2003. godini, tokom leta je 7 vrsta u 2005. i 4 vrste u 2018.godini, a u jesen 4 vrste u 2005. godini, dok na zemljanim putevima imamo stradanje jedne vrste u svim sezonama. Tokom obilaska zabeleženo je stradanje i na dve ćuprije i to Devića ćuprija na Modranu jedna vrsta *Hirundo rustica* sa 2 jedinke u 2006. god i Raševića ćuprija na Zasavici kod Banovog Polja vrsta *Rallus aquatilis* jedna jedinka 1997.god.

**Reptilia (Gmizavci):** Za posmatrani period ukupno je stradalo 2588 jedinki, od toga su reptili 295 sa 275 determinisanom jedinkom. Ukupno je stradalo 10 vrsta reptila. Struktura stradanja determinisanih reptila izgleda sledeće: *Testudines* jedna vrsta sa ukupno 4 jedinke, *Saurida* 4 vrste sa 131 jedinkom i *Serpentes* 5 vrsta sa 137 jedinki. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Elaphe longissimus* sa ukupno 58 jedinki i kod *Natrix natrix* (sa *N.natrix persa*) sa ukupno 29 stradalih jedinki. Najveći broj stradanja po godini je 2002. godine sa 50 jedinki, zatim sledi 2006. god sa 34 jedinke i 2007. god sa 30 jedinki.

Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II ukupno je stradalo tri vrste reptila sa tri jedinke, a to su *Lacerta viridis* u 2006.-oj godini, *L. agilis* (2014) i *Anguis fragilis* (2014), dok na asfaltni put između Zasavice II i Zasavice I stradalo je tri vrste sa ukupno 14 jedinki. Najveći broj stradanja bio je kod vrste *Natrix natrix* sa 9 jedinki u 1997.-oj godini, zatim sledi *Elaphe longissimus* sa 4 jedinke iste godine. Na trasi između Zasavice I i Ravnja stradalo je 5 vrsta sa ukupno 8 jedinki. Najveći broj stradanja na ovoj trasi imamo kod *Elaphe longissimus* 2 jedinke u 2007. god., i *Coronella austriaca* sa po jednom jedinkom 2004. i 2006. godine. Trasa puta od Ravnja do Banovog polja imala je ukupno stradalo 5 vrsta sa ukupno 16 jedinki.



Najveći broj stradanja imamo kod vrste *Elaphe longissimus* 9 jedinki i *Coronella austriaca* 3 jedinke. U 2002. godini bio je najveći broj stradanja 8 jedinki u jednoj godini kod *Elaphe longissimus*.

Na asfaltnom putu najviše je stradalo 1997. godine ukupno 14 jedinki (12 ad+2juv.). Lokalitet Turske livade sa 8 stradalih vrsta i 20 jedinki je lokalitet sa najvećim brojem stradanja na zemljanim putevima, zatim sledi Preseka sa 4 vrste i 12 jedinki (7 ad+5 juv.) i Sadžak sa 5 vrsta sa 5 jedinki. Tokom 1997. godine je registrovan najveći broj stradanja reptila 16 jedinki na asfaltnom putu, dok na zemljanim putevima 17 jedinki je stradalo u 2006. godini. Beleže se stradanja na ćuprijama i to na Devića ćupriji 2 vrste (*Elaphe longissimus* i *Natrix natrix persa*) u 2006. god i jedna jedinka u 2005. god *Elaphe longissimus* na Gajića ćupriji.

**Amphibia (Vodozemci):** Na putevima ukupno je stradalo 2588 jedinki, od toga su ukupno vodozemci sa 994 jedinke od kojih je 992 determinisano. Ukupno je stradalo 10 vrsta vodozemaca od čega, *Caudata* 3 vrste sa ukupno 6 jedinki i *Anura* 7 vrsta sa 967 jedinki. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Rana esc.complex* sa ukupno 538 jedinki i kod *Rana dalmatina* sa ukupno 215 stradalih jedinki. U 1997.-oj godini imamo najveći broj stradanja po godini 186 jedinki zatim sledi 2007. god sa 170 jedinki. Tokom 1997. i 2007. godine je zabeležen najveći broj stradalih vrsta po 3 vrste na asfaltnom putu dok je najviše 6 vrsta bilo stradalo u 2006. god na zemljanim putevima. U 2007. godini je najveći broj zabeleženih jedinki ukupno 53 na asfaltnim putevima s tim da je u 2003. god bio najveći broj stradanja juvenilnih jedinki ukupno 19, dok je 1997. god bilo stradalo 163 jedinke (95 ad+68 juv) na zemljanim putevima, gde je 2000. godine bilo najveći broj stradanja u jednoj godini ukupno 69 jedinki. Tokom proleća najveći broj stradanja na asfaltnim putevima sa po 3 vrste bilo je 1997. god. i 2007. god. U letnjem periodu na zemljanim putevima imamo najviše stradanja u 2006. godini ukupno 9 vrsta, dok je iste godine u jesenjem periodu stradalo najviše 4 vrste. Za protekli period ukupno je tokom proleća stradalo 12 vrsta na asfaltnim putevima, dok je tokom leta stradalo 13 vrsta na zemljanim putevima. Zabeležena su i dva stradanja tokom zimskog perioda i to 1997. i 2006. godine sa po jednom vrstom na asfaltnom putu, dok je na zemljanim putevima bilo 4 slučaja stradanja 1997., 2002., 2005. i 2006. god sa po jednom vrstom a razlog tome su relativno visoke temperature tokom zime. Žaba *Rana ridibunda* u 1997. i 2008.-oj godini beleži stradanje po 10 jedinki, što je i najveći broj zabeleženih nastradalih jedinki tokom godine za tu vrstu. Kod vrste *Bufo bufo* imamo 7 jedinki u 2003. god, što je za ovu vrstu najveći broj registrovanih jedinki u toku godine. Za protekli period stradalo je 45 jedinki retke vrste žabe *Pelobates fuscus*, na asfaltnim i zemljanim putevima.

Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II stradala je jedna vrsta sa ukupno 7 jedinki, a radi se o vrsti *Rana ridibunda* čijih 7 jedinki je stradalo u 1999. god. Na putu između Zasavice II i Zasavice I stradalo je ukupno 13 vrsta. sa ukupno 59 jedinki. Najveći broj stradanja beleži se kod vrste *Rana ridibunda* 35 a potom *Bufo bufo* sa 12 jedinki. Na deonici između Zasavice I i Ravnja stradalo je 4 vrste (*Rana ridibunda*, *Bufo viridis*, *B.bufo* i *Pelobates fuscus*) a najveći broj stradanja je kod *Rana ridibunda* sa ukupno 66 jedinki. Najveći broj stradanja 29 jedinki u 2008. god., zatim sledi 2003.-a godina sa 19 jedinki. Na ovoj deonici je 2013.god., stradalo 5 jedinki vrste *Pelobates fuscus* što je i najveće stradanje ove vrste u poslednjih deset godina. Trasa puta od Ravnja do Banovog polja imala je stradanje samo jedne jedinke *Pelobates fuscus* u 2006. god. Stradanja je bilo i na putu Noćaj-Radenković gde su stradale 2 vrste sa ukupno 50 jedinki i to *Rana esc.complex* sa 11 jedinki u 1997. godini i *Rana ridibunda* sa 39 jedinki u 2008. godini, što je ujedno i najveći broj zabeleženih tokom godine.

Put koji na kraju sela Zasavica II vodi do današnjeg Vizitorskog centra ima dužinu oko 1 km, i do 2011.godine bio je zemljani put kada su beleženi samo retki pojedinačni slučajevi stradanja među vodozemcima i sitnim glodarima. Od kako je 2012.godine put asfaltiran za potrebe Camping Zasavica i Vizitorskog centra broj stradanja se znatno povećao kod svih istraživanih grupa. Svakako dominiraju nastradale žabe tokom reproduktivnog perioda u proleće naročito vrsta *Bufo viridis* kao i guštera *Podarcis muralis* i *Lacerta viridis* koji zbog toplote asfalta dolaze tu da se greju i hrane okupljenim insektima. Sa povećanjem poseta rezervatu povećan je i broj vrsta nastradalih na ovom putu. Tako na ovom putu u proteklih sedam godina beleži se sve veći broj stradanja ptica poput vrabca (*Passer domesticus* i *Passer montanus*) i sova (*Tyto alba*, *Asio otus*, *Strix aluco*) ali i sisara, koje izlaze iz okolnih njiva i šuma tokom sumraka ili rano ujutro. Uz sam put na dve trećine dužine sa obe strane puta, prostire se uzani pojas šikaraste vegetacije sa niskim drvećem, širine nekoliko metara, koji odvaja put od okolnih njiva. Taj uzani pojas vegetacije uz put je privremeno ili stalno stanište za mnoge životinjske vrste, koji ponekad izađu ili izlete na put i nastradaju. Od nekadašnjih pojedinačnih stradanja vodozemaca i sitnih glodara na zemljanom putu, sada imamo situaciju da se beleže stradanja na desetine adultnih i stotine juvenilnih primeraka vodozemaca, gmizavaca, ptica i sisara, što je u tesnoj vezi sa povećanjem broja turista u rezervatu odnosno povećanjem broja vozila (putnički automobili i autobusi) koji dolaze u Vizitorski centar. Na ovoj destinaciji ukupno je stradalo: 6 vrsta reptila sa 22 adultna i 14 juvenilna primerka, 2 vrste vodozemaca sa 35 adultnih i 14 juvenilnih primerka, 6 vrsta ptica sa 36 adultnih primerka i 7 vrsta sisara sa 10 adultnih i 1 juvenilnim primerkom. Najveći broj stradanja zabeležen je kod sledećih vrsta i to: kod reptila su vrste *Natrix natrix* sa 8 jedinki (6 ad. i 2 juv.) za 4 godine i *Podarcis muralis* sa 12 jedinki za 3 godine, kod vodozemaca je vrsta

*Bufo viridis* sa 139 jedinki (34 ad. i 105 juv.) za 5 godina, kod ptica je vrsta *Passer domesticus* sa 27 jedinki za 3 godine i kod sisara je vrsta *Erinaceus roumanicus* sa 3 jedinki (2 ad. i 1 juv.) za 2 godine. Iz ovoga se vidi da je za sedam godina na 1 km ovog puta ukupno stradala 21 vrsta sa 103 adultne i 120 juvenilnih primeraka. Ukupan pregled nastradalih vrsta na ovoj deonici u periodu 2012. - 2018. godina su prikazane u tabeli 1.



Slika 2. Kolaž sa slikama nastradalih vertebrata na asfaltnim putevima

#### Zaključak:

Mortalitet nekih predstavnika faune vertebrata (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*) praćen je u periodu 1997.-2018. godina, na asfaltnim i zemljanim putevima u i oko rezervata. Ukupno je stradalo 2588 jedinki predstavnika faune vertebrata, od čega je determinisano 91 vrsta sa ukupno 2170 stradalih jedinki. Na putevima uz i oko Zasavice ukupno je stradalo 2588 jedinki, od čega 441 su sisari, 380 ptice, 303 reptili i 1005 vodozemci. Od ukupno 2137 jedinki determinisano je 219 jedinki sisara, 242 jedinki ptica, 273 jedinki reptila i 973 jedinki vodozemaca. Ukupno je stradalo 28 vrsta sisara, 40 vrsta ptica i po 10 vrsta reptila i vodozemaca. Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II ukupno je stradalo: 6 vrsta sisara sa ukupno 9 jedinki; 1 vrsta ptice sa jednom jedinkom; 3 vrste reptila sa 3 jedinke; jedna vrsta amphibia sa ukupno 7 jedinki. Asfaltni put između Zasavice II i Zasavice I stradalo je: 12 vrsta sisara sa ukupno 20 jedinki.; 12 vrsta ptica sa ukupno 14 jedinki ; 3 vrste reptile sa ukupno 14 jedinki; 13 vrsta vodozemaca sa ukupno 59 jedinki. Na putu Zasavica I i Ravnje je stradalo: 8 vrsta sisara sa ukupno 22 jedinke ; 15 vrsta ptica sa ukupno 20 jedinki; 5 vrsta reptila sa ukupno 8 jedinki; 4 vrste vodozemaca sa ukupno 66 jedinki. Na trasi puta od Ravnja do Banovog polja stradalo je: 15 vrsta sisara sa ukupno 21 jedinkom; 15 vrsta ptica sa ukupno 20 jedinki; 5 vrsta reptila sa ukupno 16 jedinki; jedna vrsta vodozemaca sa jednom jedinkom. Na putu Noćaj-Radenković stradalo je: 7 vrsta sisara sa 10 jedinki, 3 vrste ptica sa po 3 jedinke, 2 vrste reptila sa 50 jedinki. Na putu koji vodi od Zasavice II do Vizitorskog centra u dužini od 1 km, od nekadašnjeg zemljang puta kada smo imali samo pojedinačna stradanja vodozemaca i sitnih glodara, sada kad je asfaltiran se beleže stradanja na desetine adultnih i stotine juvenilnih primeraka vodozemaca, gmizavaca, ptica i sisara, što je u tesnoj vezi sa povećanjem broja turista u rezervatu odnosno povećanjem broja vozila (putnički automobili i autobusi) koji dolaze u Vizitorski centar. Na ovoj destinaciji ukupno je stradalo: 6 vrsta reptila sa 22 adultna i 14 juvenilna primerka, 2 vrste vodozemaca sa 35 adultnih i 14 juvenilnih primerka, 6 vrsta ptica sa 36 adultnih primerka i 7 vrsta sisara sa 10 adultnih i 1 juvenilnim primerkom. Napominjemo da su mnoge od nastradalih vrsta ili zaštićene ili strogo zaštićene u Srbiji a neke od vrsta se nalaze na Međunarodnim listama ugroženosti u Evropi a neke vrste imaju i tendenciju opadanja populacije na globalnom nivou. Povećanje posete rezervata neminovno dovodi do povećanog stradanja životinja na putu, dobro je što je ova destinacija ograničena na jednu lokaciju tako da je ukupni pritisak na ceo rezervat mali i neznatan.

Tabela 1. Pregled nastradalih vrsta po godinama i sistematskoj pripadnosti na asfaltiranom putu ka Vizitorskom centru Zasavica (oznake: ad.- adultni (odrasli) primerak; juv.- juvenilni (mladi) primerak )

Table 1. Overview of the killed species by age and systematic belonging on the paved road to the Visitor Center of Zasavica

REPTILIA					
SPECIES	GODINA	BR.JEDINKI	SPECIES	GODINA	BR.JEDINKI
Elaphe longissimus	2012	1 ad.	Anguis fragilis	2012	1 ad. + 1 juv.
	2015	1 ad.		2012	2 juv.
	2017	1 ad. + 1 juv.		2013	1 ad.
	2018	1 ad.		2017	1 juv.
Natrix natrix	2012	1 ad. + 1 juv.	Podarcis muralis	2013	4 ad. + 1 juv.
	2013	3 ad. + 1 juv.		2017	1 ad. + 5 juv.
	2014	1 ad.		2018	1 ad.
	2015	1 ad.			
Natrix tessellate	2014	1 juv.	Lacerta viridis	2012	2 ad.
				2014	1 ad.
				2017	1 ad.
AMPHIBIA					
Bufo viridis	2012	3 ad. + 23 juv	Rana dalmatina	2012	1 ad. + 1 juv.
	2013	1 ad. + 1 juv.		2014	5 ad. +5 juv
	2014	1 ad. + 22 juv.		2017	2 ad.+ 1 juv.
	2017	29 ad. + 59 juv.			
	2018	5 juv			
Bufo bufo	2014	1 ad.	Pelobates fuscus	2012	1 ad.
				2014	1 ad.
AVES					
Tyto alba	2017	1 ad.	Upupa epops	2018	1 ad.
Strix aluco	2012	1 ad.	Passer domesticus	2014	5 ad.
	2014	1 ad.		2017	13 ad.
				2018	9 ad.
Asio otus	2017	1 ad.	Passer montanus	2017	4 ad
MAMMALIA					
Lutra lutra	2017	1 ad.	Rattus norvegicus	2018	2 ad.
Erinaceus roumanicus	2014	1 ad. + 1 juv	Sciurus vulgaris	2015	1 ad.
	2017	1 ad.		2018	1 ad.
Mustela nivalis	2018	1 ad.	Lepus europaeus	2015	1 ad.
Vulpes vulpes	2017	1 ad.	-	-	-

### Literature:

1. Bertel, B. (2004): Birds of Britain and Europe, Guide,
2. Đurović, E., Vuković, T., Pocrnjić, Z. (1979): Vodozemci Bosne i Hercegovine (ključ za određivanje), Zemaljski muzej BiH, Sarajevo
3. Grčić, M., Grčić, Lj. (2002): Mačva, Šabačka Posavina i Pocerina, Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd
4. Harry, G., Born, L. (1981): Fauna Evrope, priručnik za raspoznavanje životinjskih vrsta, Mladinska knjiga, Ljubljana
5. Hell, P., Plavy, R., Salameka, J., Gaparík, J. (2004): Losses of mammals (*Mammalia*) and birds (*Aves*) on roads in the Slovak part of the Danube basin, Journal European of Wildlife Research, Vol. 51, No 1.
6. Heinzl, H., Fitter, R., Parslow, J. (1999): Ptice Hrvatske sa sjevernom Afrikom i srednjim Istokom
7. Izvor RZS Opštine u Srbiji, 1992
8. Pantelić, M. (1995): Problem gaženja vodozemaca i gmizavaca na asfaltnom putu uz Obedsku baru, Ed. "Povratak Ibisa", Mladi Istraživači Srbije, Beograd
9. Puzović, S. (2000): Atlas ptica grabljivica Srbije, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd
10. Radovanović, M., Martino, K. (1950): Zmije Balkanskog poluostrva, SANU, Naučno popularni spisi, knjiga 1, Institut za ekologiju i biogeografiju, Beograd
11. Robert, M. (1987): Gewoll-und Rupfungskunde, Akademie Verlag, Berlin
12. Roedenbeck, A.I., Voser, P. (2007): Effects of roads on spatial distribution, abundance and mortality of brown hare (*Lepus europeus*) in Switzerland, European Journal of Wildlife Research, Vol. 54, No 3,
13. Silva, da J., Woodroife, R., Macdonald W.D. (1993): Habitat, food availability and group territoriality in the European badger, *Meles meles*, Oecologia, 95,
14. Stanković, (2009): Vodozemci i gmizavci Specijalnog rezervata prirode Zasavica, Pokret gorana Sremska Mitrovica
15. Zamfirescu, R.S., Strugariu, A., Gherghel, I., Zamfirescu, O. (2010): Sfântu gherghe (Tulcea, Romania): An Important herpetological area, Analele Stiintifice ale Universitatii, Biological

## EFEKTI PRIMENE ELEKTRIČNIH VOZILA NA ŽIVOTNU SREDINU

**Nemanja Stepanović<sup>1</sup>, dipl. inž. saobr.**

*Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs*

**dr Vladan Tubić, dipl. inž. saobr.**

*Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, vladan@sf.bg.ac.rs*

**Marina Milenković, dipl. inž. saobr.**

*Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs*

**Rezime:** Drumski transportni sektor odgovoran je za 21% ukupne emisije CO<sub>2</sub>, 39% ukupne emisije NO<sub>x</sub>, odnosno 10% emisije partikularnih čestica (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>). Upotreba putničkih automobila, kao izrazito dominantne kategorije vozila u saobraćajnom toku je u konstantnom porastu, što uprkos napretku tehnologije prečišćavanja izduvnih gasova može uzrokovati rast ili nedovoljno smanjenje emisije štetnih gasova. Zbog sve većih štetnih posledica po životnu sredinu i zdravlje ljudi, kao i nedavnim aferama koje su pogodile motore sa tehnologijom unutrašnjeg sagorevanja („Dieselgate afera“), fokus razvoja novih tehnologija ubrzano se orjentiše ka električnim vozilima. Planovi najvećih proizvođača automobila odnose se na dominantnu elektrifikaciju flote u narednih 10 godina. Međutim, nagli porast učešća električnih vozila u saobraćajnom toku može dovesti u pitanje infrastrukturu i kapacitet elektro mreže, odnosno pitanje „ekološkog otiska“ takvog trenda. U ovom radu razmatran je ukupni uticaj (tzv. Well-to-Wheel analiza) porasta učešća vozila na električni pogon na životnu sredinu. Poređenjem vozila opremljenih motorima sa unutrašnjim saogrevanjem i električnim motorima, uočen je izostanak ukupnog smanjenja emisije kod zemalja sa niskim udelom proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora. Well-to-Wheel analiza izvršena je i za nekoliko scenarija učešća električnih vozila u elektro-energetskoj mreži Republike Srbije.

**Ključne reči:** emisija gasova staklene bašte, električna vozila, obnovljivi izvori energije

## ENVIRONMENTAL IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE APPLICATION

**Nemanja Stepanović<sup>1</sup>, M.Sc.T.E.**

*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs*

**Vladan Tubić, Ph.D.T.E.**

*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, vladan@sf.bg.ac.rs*

**Marina Milenković, M.Sc.T.E.**

*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs*

**Abstract:** Road transport is responsible for 22% of the total CO<sub>2</sub> emissions, 39% of NO<sub>x</sub> emission and 10% share of particulate matters (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) emission. The use of passenger cars, as an extremely dominant category of vehicles, is at constant growth, which causes an increase or insufficient reduction of Greenhouse Gas emission, despite the technological improvements of exhaust emission devices. Due to the growing harmful effects on the environment and human health, as well as the recent scandals associated with internal combustion engine technology („Dieselgate scandal“), development of new technology is fast forward toward electric vehicles. The biggest automotive corporations plans dominant fleet electrification in the next 10 years. However, sudden share increase of the electric vehicles in the traffic flow can lead to the capacity overcoming of the electricity grid network, or the issue of the "ecological footprint" of such a trend. In this paper, the overall environmental impact (so-called Well-to-Wheel analysis) of the increasing number of electric vehicles was analysed. Comparison analysis of vehicles equipped with internal combustion engines and electric vehicles showed the absence of Greenhouse Gas emission reduction in countries with low percentage of electricity gained from renewable energy sources. Well-to-Wheel analysis was also conducted for several scenarios of electric vehicles participation in traffic flow in Republic of Serbia i.e their influence on electricity grid network and its emission.

**Keywords:** Greenhouse Gas emission, electric vehicles, renewable energy sources

### 1. UVOD

Transport predstavlja izuzetno značajan sektor u ukupnoj svetskoj ekonomiji, bez koga je nemoguće zamisliti život ljudi. Uprkos neophodnosti i izuzetnom značaju ove grane, konstantan rast doprinosi brojnim negativnim

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

posledicama. Jedna od posledica koja sve više utiče na klimatske promene, ali i zdravlje ljudi jeste prekomerna emisija štetnih izduvnih gasova.

Transport putnika i robe vrši se kroz nekoliko vidova, sa sledećom modalnom raspodelom transportnih zahteva: skoro 79% kreće se putničkim automobilom, dok se ostatak od 21% kreće autobusima, vazdušnim, železničkim i vodnim saobraćajem. Što se tiče transporta robe (izraženim u transportnom radu: t\*km), modalna raspodela izgleda nešto drugačije: 43% otpada na drumski transport, 41% na pomorski, 9% na železnički, 4% na rečni i 3% na cevni transport. (Van Mierlo, Magetto, 2007) Drumski transport, sa svojim dominantnim učešćem u ukupnom transportnom sektoru, uzrokuje sve veći rast zahteva: u periodu od 1970. do 2005, prosečna mobilnost ljudi se duplirala sa 17 na 35 km. Ukupni transportni rad u Evropi se povećao za 25% u periodu između 1995. i 2008. godine, sa tendencijama daljeg rasta. Prethodno navedeno doprinosi porastu potražnje za naftnim derivatima, gde je zabeleženo povećanje od 26% od 1990. godine samo na nivou zemalja EU (Pasaoglu et al. 2012).

U pogledu emisije, transportni sektor doprinosi sa preko 27% ukupnih gasova koji uzorkuju efekat staklene bašte u 28 zemalja EU u 2016. godini. Zabeležen je rast udela emisije od čak 114% u vazdušnom, 33% u vodnom i 22% u drumskom sektoru u odnosu na nivo iz 1990. godine (EEA, 2018). Prema IPCC (2014), udeo različitih jedinjenja nastalih ljudskim aktivnostima u ukupnoj emisiji gasova staklene bašte je sledeći: CO<sub>2</sub> – 76%, CH<sub>4</sub> – 16%, N<sub>2</sub>O – 6% i ostali gasovi oko 2%.

Sa svojim dominantnim učešćem, drumski transportni sektor drugi je najveći izvor emisije CO<sub>2</sub>, sa oko 21% ukupno emitovanog ugljen dioksida u zemaljama EU. Analize su pokazale da bi se ovaj rast nastavio odnosno da bi se emisija CO<sub>2</sub> duplirala do 2050. godine, bez tehnološkog napretka pogonskih sistema vozila i politika ograničenja emisija. Evropska Unija je zbog toga 2010. godine usvojila strategiju po kojoj bi emisija CO<sub>2</sub> trebala da se smanji za 20% do 2020. i za čak 80% do 2050. godine u odnosu na nivo iz 1990. godine. Da bi se to postiglo, potrebno je postići smanjenje od oko 60% u transportnom sektoru (European Council, 2010; European Commission, 2011; EEA, 2018).

Pored emisije CO<sub>2</sub>, drumski transport izvor je i ostalih polutanata. Naročito se izdvaja u emisiji NO<sub>x</sub>, po čemu sa 39% predstavlja dominantan udeo emisije štetnih gasova u odnosu na sve ostale grane privrede zemalja EU. (EEA, 2018). Ovaj produkt sagorevanja, pre svega dizel motora, predstavlja izuzetno opasno jedinjenje za respiratorni sistem ljudi. Naročito je opasna visoka koncentracija NO<sub>x</sub> u gradovima i urbanim sredinama, gde je na relativno malom prostoru prisutan u značajnoj količini. Istraživanja pokazuju da je 10.000 smrti u Evropi u 2013. godini povezano sa stvaranjem čestica PM<sub>2.5</sub> i ozona, kao direktne posledice NO<sub>x</sub> emitovanog od strane vozila (Jonson et al, 2017) Utvrđeno je da smanjenje emisije NO<sub>x</sub> za samo 3 μg/m<sup>3</sup> može dovesti do pada rizika smrtnosti uzrokovanih respiratornim bolestima za 10-18% (César et al, 2015).

Drumski transport jedan je od najvećih emitera i partikularnih čestica (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), takođe izuzetno opasnih po zdravlje ljudi, sa udelom od preko 10%. (EEA, 2018). Više od 400.000 preranih smrti su povezani sa trenutnim nivoom koncentracija PM<sub>2.5</sub> u 28 zemalja EU. Istraživanja pokazuju da je realna emisija partikularnih čestica od 2,5 μm ili manjih (PM<sub>2.5</sub>) na putevima zemalja članica EU, koja potiče isključivo od putničkih vozila sa dizel motorom, odgovorna za 9390 preranih smrti. Takođe je pokazano da bi se skoro 50% preranih smrti (oko 4.500) moglo izbeći da je nivo emitovanog NO<sub>x</sub>, a posledično i PM<sub>2.5</sub>, iz putničkih vozila bio na nivou vrednosti ostvarenih u laboratorijskim testiranjima (Jonson et al, 2017).

Značaj razlike između vrednosti ostvarenih laboratorijskim ispitivanjima, koja se obavljaju prilikom zvaničnih homologacija vozila i utiču na proračune poreza ali i ekoloških uticaja i benefita, i realnih vrednosti emisija izduvnih gasova, posebno je istakla jedna od najvećih afera u automobilske industriji – afera „Dieselgate“. Afera je otkrivena 2015. godine u SAD i odnosila se na softversku prevaru koju je počinila Volkswagen grupacija. Naime, u 11 miliona vozila opremljenih dizel agregatima, koja su proizvedena između 2008. i 2015. godine instaliran je softver koji je u laboratorijskim uslovima uključivao, a u realnim uslovima vožnje isključivao sisteme za prečišćavanje izduvnih gasova, smanjujući time potrošnju goriva i poboljšavajući performanse vozila. Na ovaj način, realno ostvarene emisije NO<sub>x</sub> bile su za 15 do 35 puta veće od EPA standarda (SAD), odnosno 4 puta veće od Evropskih granica - 0,85 g/km<sup>-1</sup> umesto 0,18 g/km<sup>-1</sup> (Thompson et al, 2014; Chosiere et al, 2017). Posmatrajući pomenuti period prodaje spornih vozila, istraživanja na vozilima VW grupe prodanim u Nemačkoj (oko 2,6 miliona) pokazuju da će realno ostvarene emisije NO<sub>x</sub> (gde se posledično emituju i PM<sub>2.5</sub>, ozon itd.) uzrokovati procenjenu vrednost od oko 1200 preranih smrti, odnosno 13.000 izgubljenih godina života, uz troškove od 1,9 milijardi evra (Chosiere et al, 2017).

Prethodno navedeni podaci, uz brojna istraživanja koja nedvosmisleno ukazuju na negativan uticaj drumskog transportnog sektora, ubrzala su iznalaženje alternativnih rešenja pogona. Jedno od rešenja koje se najviše forsira u prethodnih nekoliko godina i koja, prema trenutnim prognozama treba da predstavlja osnov za mobilnost ljudi u bliskoj budućnosti, predstavljaju električna vozila. Brojna istraživanja, prognoze proizvođača

automobila i različitih interesnih grupa, ističu nultu emisiju ovakvih vozila i značajan doprinos smanjenju ukupnih štetnih efekata kojima su vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem u velikoj meri doprinela. Međutim, najave ubrzane elektrifikacije voznog parka širom sveta mogu imati i negativne efekte na životnu sredinu, dislociranjem emisije (proizvodnja i reciklaža baterija) i preopterećenjem postojećih elektro-energetskih sistema brojnih zemalja. Cilj ovog rada se upravo odnosi na pregled ukupnih direktnih i indirektnih efekata (tzv. *Well-to-Wheel* analiza) povećanjem učešća električnih vozila u ukupnom saobraćajnom toku. Poseban osvrt u radu odnosi se na simulaciju povećanog učešća električnih vozila u Srbiji, odnosno njihov uticaj na životnu sredinu.

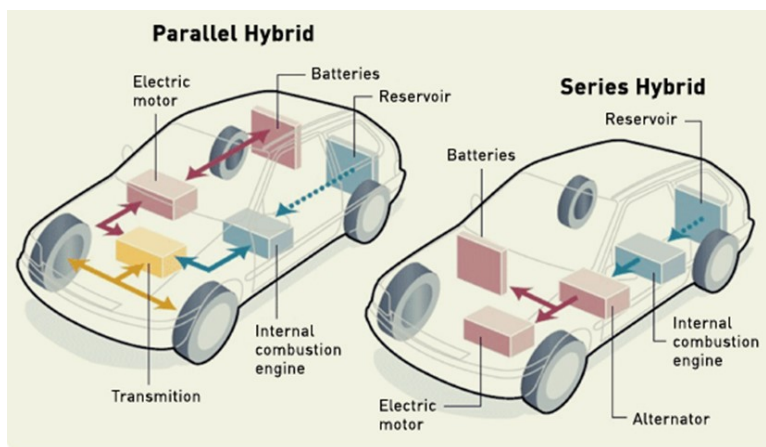
## 2. VRSTE POGONSKIH SISTEMA

Velika većina vozila (oko 99% ukupnog broja vozila na putevima) koristi tehnologiju motora sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS). Tehnologija SUS motora prisutna je duže od jednog veka. Uz konstantna usavršavanja u pogledu efikasnosti u proteklim decenijama, ona je i dalje jako niska pa tako najčešće varira između 33 i 43%, u zavisnosti od toga da li je u pitanju benzinski, dizel ili motor pogonjen gasom (CNG, LPG). (Gupta et al. 2016) Blagi potencijal za dalje usavršavanje SUS motora postoji ali je on blizu svojih granica. Prethodno nabrojani štetni efekti drumskog transporta na životnu sredinu direktna su posledica procesa sagorevanja fosilnih goriva u SUS motorima.

Zbog svega opisanog u ovom i prethodnom poglavlju, da bi se ostvarili zacrtani ciljevi smanjenja emisija CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i ostalih polutanata, bio je neophodan razvoj alternativnih pogonskih tehnologija. Proizvođači su počeli sa masovnom serijskom proizvodnjom alternativnih pogona krajem prošlog veka. Postoji nekoliko sistema koji se danas koriste u većem ili manjem obimu i koji su ukratko opisani u nastavku (Stepanović i Tubić, 2017).

### 2.1 Hibridna električna vozila

HEV vozila zasnivaju se na dva izvora energije – agregatu za pretvaranje energije (motor SUS ili gorivnih ćelija) i agregatu za akumuliranje proizvedene energije (akumulatori ili ultrakapacitatori). Kompletan pogonski sistem sačinjavaju: toplotni (SUS) motor, električni generator, električni motor, energetski pretvarač i akumulatorske baterije. Smisao postojanja HEV se nalazi u činjenici da ova vozila nemaju problema sa radijusom kretanja jer koriste hemijsko gorivo za pogon toplotnog motora i istovremeno su ekološki čistija i efikasnija u odnosu na klasična vozila jer koriste pogodnosti električnog pogonskog sistema. Snaga instaliranih toplotnih i električnih mašina je veća od potrebne vučne snage i sam sistem je neuporedivo složeniji od EV i vozila sa SUS motorom. Postoje dve osnovne konfiguracije HEV: serijska i paralelna (Slika 1). Izuzetak je Tojotin sistem koji ima kombinovan, serijsko-paralelni sistem. U HEV se koriste baterije drugačijih karakteristika u odnosu na EV (Van Van Mierlo, Magetto, 2007). U ovom slučaju je mnogo značajnija specifična snaga i mogućnost brzog punjenja i pražnjenja akumulatora nego njihova velika specifična energija kao što je slučaj kod EV. Kapacitet akumulatora je manji nego kod EV. Postoji nabrojanih HEV sistema, postoji i tzv. PHEV (*Plug-in hybrid electric vehicle*) koji funkcioniše slično HEV sistemu s tim što omogućava veću autonomiju kretanja zahvaljujući baterijama većeg kapaciteta koje je moguće puniti na spoljnoj mreži.



Slika 1. Šema serijskog i paralelnog hibridnog sistema  
Izvor: (<https://crankit.in/hybrid-vehicle/>)

## 2.2 Električna vozila (EV)

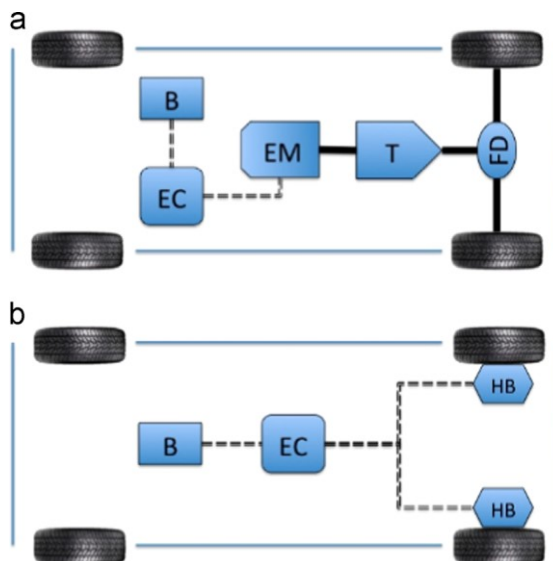
Električna vozila (EV) ili električna vozila na baterije (BEV) su vozila koja nisu opremljena motorom na unutrašnje sagorevanjem već isključivo elektromotorom koji crpi energiju iz baterija. Baterije su najčešće smeštene u podu vozila a njihova najvažnija karakteristika je energetska kapacitet odnosno korisna specifična energija i gustina. Danas su najčešće korišćeni sledeći tipovi baterija (Manzetti, Mariasiu, 2015):

- PB-A: Olovna kiselina – ove baterije su najstariji tip baterija koje imaju jako nizak odnos sačuvane energije i težina odnosno zapremine i težine. Mana im je i prisustvo olova.
- NiCd: Nikl-Kadmium – imaju najduži životni vek izražen u broju ciklusa punjenja i pražnjenja (oko 1500 ciklusa). Najveća mana im je korišćenje teških metala.
- NiMH: Nikl-Metal-Hidrid – Slične su NiCd baterijama a za razliku od litijum-jonskih imaju manji kapacitet i visok koeficijent samopražnjenja.
- Li-ion: Litijum-jonske – imaju veliki kapacitet sa dobrim odnosom gustine i težine. Mane su visoki troškovi, mogućnost samopregrevanja i ograničen životni vek.

Pored nabrojanih koje se najčešće koriste, postoje i Li-ion Polymer, Sodium Nickel Chlorid (NaNiCl) baterije itd. Baterije sa jednom od najvećih vrednosti specifične energije, ugrađene u modele Tesla automobila - Model 3 (Panasonic 2170), imaju odnos od čak 247 Wh/kg, što predstavlja značajan napredak ostvaren u relativno kratkom vremenu (Cleantechnica, 2019). Prema inicijalnim istraživanjima novih tehnologija, procenjeno je da je u skorijem periodu moguće ostvariti gustinu od preko 300 Wh/kg do čak 500Wh/kg (Duong et al, 2018).

Postoje 2 osnovna tipa konstrukcije električnih vozila (Slika 2):

- Automobili standardne konstrukcije sa centralnim električnim motorom i baterijama najčešće smeštenim u podu vozila. Snaga se do točkova prenosi preko menjača,
- Automobili opremljeni posebnim motorom na svakom pogonskom točku i baterijama koje obezbeđuju energiju za pokretanje. (Manzetti, Mariasiu, 2015)



**Slika 2.** Osnovni tipovi konstrukcije električnih vozila (B – baterija, EC – kontrolna jedinica, T – Menjač, EM – električni motor, FD – diferencijal, HB – el. motori na točkovima)  
Izvor: (Manzetti, Mariasiu, 2015)

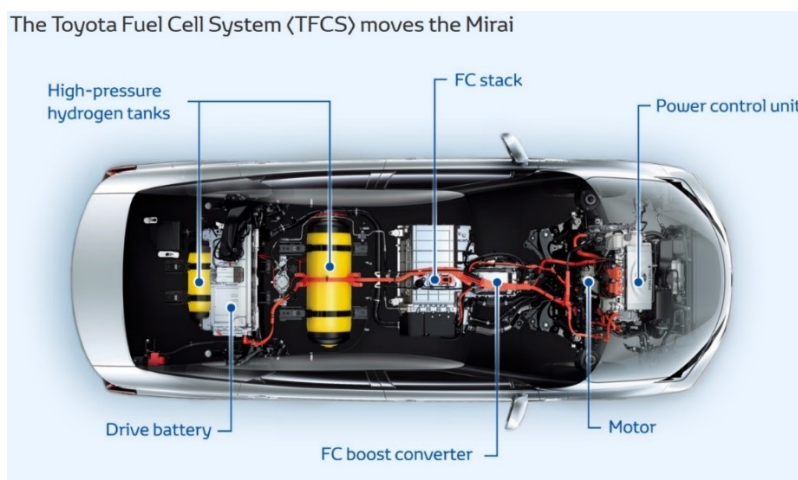
Produkt rada EV, isključivo u pogledu emisije štetnih gasova tokom vožnje je na nultom nivou. (Gupta et al. 2016) Naime, tzv. *Tank-to-Wheel* analiza obuhvata potrošnju energije, emisije izduvnih gasova i sl. u periodu od trenutka napunjenosti skladišta energije za pokretanje motora do kraja procesa vožnje (sledećeg punjenja). U tom periodu, električna vozila ne emituju nikakve polutante, što je poželjno naročito u gusto naseljenim gradovima.

## 2.3 Vozila na gorivne ćelije (FCEV)



Vozila na gorivne ćelije (FCEV – *fuel cell electric vehicle*) su posebna vrsta električnih vozila koja umesto baterija koriste najčešće vodonične gorivne ćelije za napajanje električnog motora pogonskom energijom. Gorivna ćelija je elektrohemijaska ćelija koja direktno pretvara hemijsku energiju goriva (u automobilima je to najčešće vodonik) u električnu preko elektrohemijske reakcije vodonika i kiseonika, bez procesa sagorevanja. (Jeong, Oh, 2002) Posmatrajući *Tank-to-wheel* analizu, vozila na vodonične ćelije mogu se klasifikovati kao nulti zagađivači životne sredine, s obzirom da je produkt opisane hemijske reakcije isključivo voda i toplota. Prednost vodonika kao energenta za pokretanje hemijskog procesa i stvaranje struje je u tome što je to jedan od najzastupljenijih elemenata u prirodi, koji može da se dobije iz prirodnog gasa, vode, biljaka itd.

Vozila na vodonične ćelije su tek nedavno počela serijski da se pojavljuju na tržištu. Najčešće je reč o hibridnim sistemima, u kome vodonične ćelije proizvode i skladište električnu energiju u baterije, odakle se šalje u motor. Prvi modeli u striktno ograničenom broju primeraka, počeli su da se nude na tržištu uz specijalne uslove kupovine 2002. godine. 2008. godine Honda je izbacila na tržište model Clarity koji je bio dostupan u svega nekoliko zemalja u ograničenom broju primeraka i mogao je isključivo da se kupi operativnim lizingom. Poslednji, a prvi model koji je u slobodnoj prodaji je Toyota Mirai. Toyota-in sistem sastoji se od sklopa gorivnih ćelija, konvertora snage visokog kapaciteta (izlazne snage od 650V), rezervoara za vodonik pod visokim pritiskom (70 MPa), NiMH (Nikl-metal-hidridne) baterija i sinhronog motor naizmenične struje (Slika 3). Domet je oko 500 km sa jednim punjenjem rezervoara, koje traje oko 3 minuta. (Toyota Motor Corporation, 2016)



**Slika 3.** Toyotin sistem vodoničnih gorivnih ćelija  
Izvor: (Toyota Motor Corporation, 2016)

Toyota-ini inženjeri uspeali su da reše glavne nedostatke kao što su bezbedno skladištenje vodonika, start u hladnim uslovima itd, dok je cena komponenata sistema znatno niža nego ranijih godina, uz tendenciju daljeg pada sa povećanjem obima serijske proizvodnje.

### 3. UTICAJ ALTERNATIVNOG POGONA NA ŽIVOTNU SREDINU

Na osnovu prethodno navedenog, može se doneti nagli, površan i često pogrešan zaključak da su sva vozila sa alternativnim pogonom, pogotovo ona koja spadaju u tzv. vozila sa nultom emisijom, automatski i ekološki prihvatljivija od konvencionalnih vozila. Zablude može nastati posmatranjem isključivo količine emisije štetnih gasova u već pominjanim *Tank-to-Wheel* analizama. Ove analize uzimaju u obzir eksploatacione aktivnosti vozila, odnosno vrše ispitivanje energije i emisije štetnih gasova vezanih za upotrebu goriva tokom eksploatacije vozila. Analize obuhvataju brojne aktivnosti energetskog toka, od goriva u rezervoaru do pogonske sile na točkovima. Različite vrste pogonskih sistema imaju drugačiji energetski tok a samim tim i specifične efikasnosti svakog sistema. Međutim, pored *Tank-to-Wheel*, postoje i *Well-to-Tank* analize. Ovo je podjednako bitan deo koji obuhvata analize procesa vezanih za preradu sirovina i goriva. *Well-to-Tank* proces bavi se ocenjivanjem energetske efikasnosti i emisije, od vađenja i prerade sirovina do dostave goriva u rezervoar automobila. Ova dva procesa zajedno spadaju u *Well-to-Wheel* analize koje ispituju energetski i emisioni uticaj goriva tokom svog celokupnog životnog ciklusa. (Gupta et al. 2016) Kod električnih vozila postoje *Well-to-Power Plant* proces, koji podrazumeva emisiju od početka obrade sirovine za dobijanje struje i prenosa do elektrane i *Power Plant-to-Wheel*, koji obuhvata emisiju prilikom procesa prenosa struje do vozila i vožnju istog. Upravo je sprovođenje

Well-to-Wheel analiza ključno za donošenje merodavnih zaključaka o izdvajanju goriva odnosno tehnologije budućnosti (Woo i ostali, 2017).

Hibridna vozila (HEV i PHEV) su prisutna na tržištu već duži vremenski period (preko 20 godina u serijskoj proizvodnji). Prema brojnim istraživanjima, ovakva vozila predstavljaju dobro prelazno rešenje u redukciji ukupne globalne emisije štetnih gasova. Međutim, radi značajnijeg smanjenja štetnih gasova koje emituje drumski sektor, prisutno je značajno forsiranje vozila sa tzv. nultom emisijom izduvnih gasova (posmatrajući *Tank-to-Wheel* analize). Analizirajući današnje tržišno prisustvo i najave budućih modela, jasno je da je fokus zasnovan dominantno na električnim vozilima na baterije (BEV). Tako je, recimo, VW grupacija (*CEO Herbert Diess*), pod pritiskom pomenute afere, nedavno najavila da će do 2023. godine investirati 44 milijardi evra u električna i autonomna vozila, kako bi u narednoj deceniji proizvela preko 22 miliona električnih vozila (Bloomberg, 2019). Rast prodaje električnih vozila je veliki: od 33.000 u celom svetu u 2011. godini, do preko 160.000 u 2014. godini (IEA, 2105). Uzimajući u obzir i Plug-in hibridna vozila, očekuje se rast prodaje od 40% u periodu od 2013. do 2020. godine, odnosno dostizanje 117 miliona ovakvih vozila (JD Power, 2013).

Međutim, jedino sprovođenjem *Well-to-Wheel* analize moguće je utvrditi stvarne efekte elektrifikacije voznog parka. Naime, samo posmatranjem emisije izduvnih gasova od početnog procesa proizvodnje struje, do konačne eksploatacije vozila, moguće je utvrditi da li bi nagli porast broja električnih vozila u saobraćajnom toku, odnosno zahteva za punjenjem električnom energijom, mogao značajno opteretiti postojeće sisteme i povećati ukupnu emisiju kod sistema koji se ne zasnivaju na obnovljivim izvorima energije. U nastavku će detaljno biti analiziran uticaj povećanja udela električnih vozila (BEV) u ukupnom saobraćajnom toku.

### 3.1 Uticaj primene električnih vozila na životnu sredinu

U poslednjih nekoliko godina napravljen je značajan pomak u karakteristikama električnih vozila. Kao što je već pomenuto, pojedina električna vozila (BEV) na tržištu danas imaju autonomiju i do 500 km, sa baterijama koja imaju gustinu od približno 300 Wh/kg, uz značajno kraće vreme punjenja. Ključno pitanje kod ovakvih vozila, u pogledu analize ukupne emisije izduvnih gasova, odnosi se na proizvodnju baterija, kao ključnog dela pogonskog sistema i punjenje električnom energijom. Posmatrajući moguće izvore dobijanja električne energije, grubo se može izvršiti podela na 2 osnovna izvora:

- fosilna goriva (ugalj, prirodni gas i nafta) i
- obnovljivi izvori (voda, vetar, solarna energija, nuklearna energija, biomase itd.).

Sprovedeno je nekoliko različitih istraživanja koja su analizirala celokupan proces emisije električnih vozila, odnosno *Well-to-Wheel* analizu.

Ma i ostali (2012) izvršili su temeljno ispitivanje i poređenje uticaja na životnu sredinu električnih i vozila pogonjenih SUS motorima, sprovođenjem studije slučaja za Ujedinjeno Kraljevstvo i Kaliforniju. Zaključili su da bi upotreba električnih vozila mogla doprineti smanjenju emisije izduvnih gasova u poređenju sa vozilima opremljenim SUS motorima. Potrebno je istaći da je u Kaliforniji prisutan relativno visok udeo (preko 50%) obnovljivih izvora za dobijanje električne energije, što doprinosi povoljnim rezultatima električnih vozila. Jedan od bitnih rezultata koji se ističe kako u ovoj, tako i u ostalim studijama, jeste činjenica da su po pitanju redukcije emisije izduvnih gasova, električna vozila znajčajno superiornija u područjima sa visokom gustinom naseljenosti, odnosno urbanim zonama u kojima je prisutan veliki broj vozila na relativno maloj površini. Ovo se posebno odnosi na upotrebu putničkih automobila, koji u gradskim sredinama po pravilu imaju jako malu popunjenost, odnosno jako visoku emisiju štetnih gasova po prevezenom putniku. Ispitivanjem emisija proizvodnog i reciklažnog procesa vozila (početak i kraj životnog veka vozila) uočeno je da električna vozila emituju više vrednosti u odnosu na vozila pokretana SUS motorima, zbog procesa proizvodnje baterija.

Temeljnou analizom procesa proizvodnje struje i sposobnostima elektroenergetskih sistema da odgovore povećanim zahtevima prilikom procesa punjenja baterija većeg broja električnih vozila istovremeno, detektovano je da je preciznije posmatrati vršni intenzitet mreže (tzv. *Marginal electricity*) u odnosu na prosečan intenzitet mreže, odnosno emisiju štetnih gasova prilikom graničnih slučajeva. Naime, elektroenergetski sistemi većine zemalja prilikom pojave uvećanih zahteva (što bi bio slučaj prilikom istovremenog priključivanja većeg broja BEV), reaguju proizvodnjom dodatne struje koja se uglavnom generiše iz fosilnih izvora (ugalj, prirodni gas itd.), čak i kod sistema koji su u velikom procentu zasnovani na obnovljivim izvorima energije. Zbog toga je i emisija štetnih gasova sistema u takvim uslovima veća od proseka. Zaključeno je da bi npr. u Ujedinjenom Kraljevstvu, gde se u proseku 63% el. energije dobija iz neobnovljivih izvora, dok se u slučajevima pojave tzv. struje vršnog intenziteta (*Marginal electricity*) isključivo iz uglja i prirodnog gasa, električna vozila veće klase, koja se voze pod većim opterećenjem, imala veću emisiju izduvnih gasova u *Well-to-Wheel* analizi u poređenju sa sličnim vozilom

opremljenim SUS motorom. U slučaju Kalifornije, čija električna mrežu u proseku koristi veći udeo obnovljivih izvora od UK, a kao dodatni energent u slučajevima pojave struje graničnog kapaciteta samo prirodni gas (koji uzrokuje niže emisije od uglja), istovetna analiza pokazuje da je prihvatljivije električno vozilo od vozila sa SUS motorom. To dovodi do ključnog zaključka ove studije (Ma i ostali, 2012): ukupna emisija štetnih izduvnih gasova u celokupnom životnom veku vozila i indirektnim efektima koje ono uzrokuje (*Well-to-Wheel* analiza), osciluje od zemlje do zemlje, pretežno zbog različitih sistema elektroenergetskih mreža.

Zbog dominantnog uticaja različitih specifikacija sistema elektroenergetskih mreža na razliku ukupne emisije štetnih gasova električnih i konvencionalnih vozila, posebna pažnja ovim studijama biće posvećena u narednom poglavlju.

Zaključak o doprinosu smanjenja koncentracije štetnih gasova u urbanim područjima zbog elektrifikacije saobraćajnog toka u navedenoj studiji (Ma i ostali 2012), potvrdila su i istraživanja koja su u Madridu i Barseloni sprovedli Soret i ostali (2014). Oni su analizirali efekte tri različita scenarija udela električnih vozila u ukupnom saobraćajnom toku (13, 26 i 40%) na životnu sredinu primenom simulacionog WRF-ARW/HERMESv2/CMAQ modela. Sprovedenim analizama uočili su potencijal smanjenja NO<sub>x</sub> i CO uvođenjem električnih vozila. Posmatrajući najambiciozniji scenario (40% el. vozila u toku), zabeležena su smanjenja emisije NO<sub>x</sub> za 11% i 17% u Barseloni i Madridu, respektivno. Ova poboljšanja doprinose poboljšanju kvaliteta vazduha od 8% do 16% (30 – 35 µg m<sup>-3</sup>) u satima sa maksimalnim zagađenjem, u pomenutim gradovima. Nasuprot tome, zabeležen je ograničen uticaj na smanjenje emisije partikularnih čestica PM10 (3-4%) odnosno neznatno poboljšanje kvaliteta vazduha (2-5%). Ovako nisko smanjenje ogleđa se pre svega u visokom udelu emisije PM10 čestica, koje nisu rezultat sagorevanja goriva u SUS motorima već pre svega nastaju kao posledica konstatnog trošenja (abrazije) kočnica, oslanjanja, pneumatika i puta. Naime, uprkos eliminaciji izduvnih gasova kao značajnog izvora ovih čestica, električna vozila zbog svoje veće mase doprinose i većoj abraziji pa je redukcija emisije niska. U pogledu PM2.5 čestica, smanjenje emisije i poboljšanje kvaliteta vazduha je nešto veće (3-7%). Štaviše, zabeležen je blag porast koncentracije ozona (O<sub>3</sub>) od <4% u centralnim zonama oba grada zbog redukcije NO, koji suzbija ozon. Generalni zaključci pokazuju da elektrifikacija saobraćajnog toka predstavlja potencijal u poboljšanju kvaliteta vazduha gusto naseljenih urbanih centara. Međutim, povećanjem udela električnih vozila nije postignuto značajno poboljšanje kvaliteta vazduha, posebno posmatrajući nivo partikularnih čestica (PM10 i PM2.5) koji imaju veoma negativne efekte po zdravlje ljudi. Neophodan je relativno visok procenat učešća električnih vozila u toku (više od 26% do 40%), kako bi se postiglo nešto veće poboljšanje kvaliteta vazduha, što obavezuje sve interesne grupe da utiču na potpunu promenu svesti građana i da reaguju i u drugim sektorima koji uzrokuju emisiju (ostali vidovi transporta i privrede uopšte). Prethodno navedeno dovodi do zaključka da će elektrifikacija voznog parka imati dosta ograničene efekte na životnu sredinu u narednoj deceniji i da bi poseban fokus trebalo posvetiti i smanjenju emisije teških teretnih vozila i autobusa, koji npr. uzrokuju skoro 49% emisije NO<sub>x</sub> u Madridu.

Udeo partikularnih čestica (PM10 i PM2.5) u ukupnoj emisiji štetnih gasova, predmet je brojnih istraživanja zbog velikog negativnog uticaja na zdravlje (smrtnost) ljudi zbog pogoršanja kvaliteta vazduha, posebno u urbanim sredinama. Mnoge zemlje i institucije rešenje ovog problema vide u podsticanju vozila sa alternativnim pogonom. Međutim, samo nekoliko studija bavilo se celokupnom analizom emisije ovih štetnih polutanata. Kao što je prethodna studija pokazala (Soret i ostali, 2014), smanjenje emisije partikularnih čestica uvođenjem električnih vozila u saobraćajni tok može biti minimalno. Zbog toga su Timmers i Achten (2016) ispitivali emisiju partikularnih čestica električnih vozila i na kraju izvršili poređenje sa emisijom ekvivalentnih vozila pogonjenih SUS agregatima. Rezultati analize svih izvora partikularnih čestica pokazuju da poreklo 90% PM10 i 85% PM2.5 čestica ne nastaje kao produkt sagorevanja fosilnih goriva putničkih automobila i da će se ovaj procenat dodatno smanjiti uvođenjem novih ekoloških normi (npr. EURO 6d-TEMP u Evropi itd.). Takođe je pokazana značajna pozitivna korelacija između mase vozila i emisije dela partikularnih čestica koji ne zavisi od izduvnih gasova. Drugim rečima, dominantni izvori emisije partikularnih čestica odnose se na potrošnju pneumatika, kočnica, kolovoznog zastora i putne prašine. S obzirom da je utvrđeno da električna vozila u proseku imaju veću masu za 24% od ekvivalentnih vozila pogonjenih SUS motorom, zaključeno je da električna vozila u proseku proizvode istu količinu PM10 čestica kao i konvencionalna vozila, dok je zabeleženo neznatno smanjenje emisije PM2.5 (1-3%), uz mogućnost potpunog eliminisanja razlike zbog strožih ekoloških normi za nova vozila.

### **3.2 *Well-to-Wheel* analiza električnih vozila zasnovana na ispitivanju elektroenergetskih mreža različitih karakteristika**

Kao što je već pomenuto, najveći broj studija izdvojio je kao dominantni faktor emisije električnih vozila upravo način dobijanja električne energije potrebne za dopunu baterija i omogućavanje kretanja ovakvih vozila. Štetni

gasovi koji se emituju tokom procesa proizvodnje struje zavise pre svega od izvora, odnosno da li se struja dobija iz obnovljivih ili neobnovljivih izvora energije. Dodatnu problematiku predstavlja i činjenica da se u slučaju pojave većih zahteva za električnom energijom odnosno struje vršnog intenziteta, koju bi izazvalo masovnije prisustvo električnih vozila u saobraćajnom toku, u većini sistema proizvodi iz "priljavih" izvora.

Jednu od najopsežnijih studija sa ovom tematikom sproveli su Woo i ostali (2017). Oni su izvršili uporednu *Well-to-Wheel* analizu električnih i konvencionalnih vozila, ispitujući karakteristike elektroenergetskih sistema 70 zemalja iz većine regiona: Amerike (severne, centralne i južne), Afrike, Srednjeg istoka, Azije, Pacifika i Evrope. U Tabeli 1 prikazano je učešće različitih obnovljivih i neobnovljivih izvora za dobijanje električne energije u 20 najvećih zemalja.

**Tabela 1. Izvori dobijanja električne energije u elektroenergetskim sistemima pojedinačnih zemalja**

Zemlja	Ukupna proizvodnja el. energije (bilion KW h)	Ugalj (%)	Prirodni gas (%)	Nafta (%)	Nuklearna en. (%)	Hidro (%)	Vetar (%)	Biomasa (%)	Solarna en. (%)
Kina	4768	72	2	0	3	20	1	3	0
SAD	4048	38	30	1	19	6	4	2	0
Indija	1052	72	8	1	3	12	3	0	1
Rusija	1012	14	49	3	17	17	0	0	0
Japan	966	30	43	12	0	8	1	4	2
Nemačka	585	45	10	2	16	3	10	8	6
J. Koreja	500	42	23	4	29	1	0	0	0
Iran	239	0	65	27	2	6	0	0	0
S. Arabija	255	0	62	38	0	0	0	0	0
Kanada	616	12	10	1	16	58	2	1	0
Brazil	538	3	9	4	3	69	1	11	0
U.K.	336	32	30	1	19	2	8	7	1
J. Afrika	239	92	0	1	6	0	0	0	0
Indonezija	185	49	20	23	0	7	0	0	0
Meksiko	279	11	49	19	3	14	2	1	0
Australija	235	67	20	1	0	6	4	1	1
Francuska	533	3	3	1	76	11	3	1	1
Ukrajina	187	35	10	0	51	4	0	0	0
Egipat	155	0	73	17	0	9	1	0	0
Norveška	145	0	2	0	0	94	2	1	1

Izvor: (Woo i ostali, 2017)

U proračun su uključili električna i vozila sa SUS motorom iz 4 najzastupljenije klase, od gradskih (B klase) do SUV modela, odnosno njihove karakteristike potrošnje, vrste pogonskog agregata itd.

Proračunom *Well-to-Wheel* emisije automobila pogonjenih SUS motorom i električnih automobila, na osnovu podataka o prosečnom procentualnom učešću izvora struje elektroenergetskog sistema i emisije CO<sub>2</sub> koju emituje svaki od navedenih izvora posebno, dobijena je ukupna emisija CO<sub>2</sub> svake zemlje i regiona posebno.

Rezultati pokazuju da je u većini zemalja, ukupna emisija koju ostvaruju električna vozila niža od konvencionalnih vozila (gde ukupno gledano vozila na dizel gorivo ostvaruju nižu emisiju). Međutim, uočeno je značajno variranje količine emisije u zavisnosti od učešća različitih izvora za dobijanje energije. Tako recimo Norveška, u kojoj se čak 98% struje dobija iz obnovljivih izvora (dominantno energijom vode) ima najveći potencijal u smanjenju emisije u poređenju sa konvencionalnim vozilima. Ovaj zaključak takođe je potpomognut činjenicom da električna vozila čine preko 10% ukupne prodaje novih vozila. U Norveškoj, kao i Kanadi i Francuskoj, potencijalna emisija štetnih gasova bi se znatno smanjila elektrifikacijom saobraćajnog toka (2,2 – 3,5 gCO<sub>2</sub>/km). Sa druge strane, Južna Afrika sa 98% učešća neobnovljivih izvora u dobijanju električne energije ima najveću emisiju štetnih gasova električnih vozila (102 – 149,5 gCO<sub>2</sub>/km). Slični rezultati zabeleženi su i kod Australije (88% neobnovljivih izvora), Indije (81%) i Kine (74%). Generalni je zaključak i da se opravdanost uvođenja električnih vozila povećava sa rastom klase vozila (najveće uštede zabeležene kod SUV klase) zbog veće potrošnje vozila sa SUS motorom većih i težih vozila i da je kod najmanje klase (B klasa) zabeleženo najviše slučajeva niže emisije kod konvencionalnih vozila. Prilikom analize na globalnom nivou, koja je podrazumevala ispitivanje elektroenergetskih sistema svih 70 zemalja uključujući i Srbiju, zabeleženi su slični

rezultati: potencijalna ostvarena ušteda pri prelasku na električna vozila je velika, s tim što je za najmanju klasu vozila u dosta slučajeva zabeležen izostanak opravdanosti elektrifikacije toka (Woo i ostali, 2017).

### 3.3 Preliminarna analiza efekata primene električnih vozila u Republici Srbiji

Prethodno navedena i opisana studija (Woo i ostali, 2017), uključila je i rezultate ispitivanja potencijala elektrifikacije saobraćajnog toka u Srbiji, na osnovu ispitivanja karakteristika elektroenergetskog sistema. Međutim, rezultati su uključeni u globalnu ocenu, odnosno nisu prikazani posebno za našu zemlju. Zbog toga je u ovom delu rada, na osnovu metodologije pomenutog istraživanja (Woo i ostali, 2017), uz blage modifikacije izvršeno ispitivanje potencijalnog povećanja udela električnih vozila u saobraćajnom toku, odnosno ekološki uticaj tog procesa na životnu sredinu.

Proračun ukupnog ekološkog uticaja (*Well-to-Wheel*) po vozilu, odnosno poređenje automobila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem i električnim pogonom, izvršeno je na osnovu obrasca 1 (Woo i ostali, 2017) za konvencionalna vozila i obrasca 2 za električna vozila:

$$EIGkv_{wtw,i,j} = (EIG_{wtT} + EIG_{TtW}) * PG \quad (1)$$

gde su:

$EIGkv_{wtw}$  – emisija izduvnih gasova konvencionalnih vozila (sa SUS motorom) prilikom *Well-to-Wheel* analize za vozila različitih klasa  $i$  i različitog pogonskog agregata (benzin ili dizel)  $j$  u  $gCO_2/km$ ;

$EIG_{wtT}$  - emisija izduvnih gasova prilikom *Well-to-Tank* procesa;

$EIG_{TtW}$  - emisija izduvnih gasova prilikom *Tank-to-Wheel* procesa;

$PG$  - potrošnja goriva (l/km).

$$EIGev_{wtw,i} = \sum_e P_e * (EIG_{wtP,e} + EIG_{PtW,e}) * VE \quad (2)$$

gde su:

$EIGev_{wtw,i}$  - emisija izduvnih gasova električnih vozila prilikom *Well-to-Wheel* analize za vozila različitih klasa  $i$ ;

$P_e$  – procentualna zastupljenost različitih izvora električne energije  $e$  u  $gCO_2/km$ ;

$EIG_{wtP}$  - emisija izduvnih gasova prilikom procesa *Well-to-Power Plant* za izvor električne energije  $e$ ;

$EIG_{PtW}$  - emisija izduvnih gasova prilikom procesa *Power Plant-to-Wheel* za izvor električne energije  $e$ ;

$VE$  - potrošnja struje električnih vozila (kWh/km).

Za vrednosti emisije izduvnih gasova konvencionalnih vozila, uzete su sledeće vrednosti koji su u uključene i u navedenu studiju: kod procesa *Well-to-Tank* iznose 2676,9 za dizel i 2314,4  $gCO_2/l$  za benzinske motore, dok kod procesa *Tank-to-Wheel* iznose 564,4  $gCO_2/l$  i 463,8  $gCO_2/l$ .

Za proračun konkretnih vrednosti ukupne emisije po vozilu, pre svega je neophodno izdvojiti merodavna vozila iz različitih klasa, koja najbolje reprezentuju saobraćajni tok. Za razliku od originalne studije po čijoj metodologiji se vrši navedeni proračun, u slučaju Srbije izvršena je modifikacija merodavnih konvencionalnih vozila zbog drugačijeg učešća u saobraćajnom toku. Navedena reprezentativna vozila različitih klasa za tok u Srbiji, zajedno sa njihovom prosečnom potrošnjom goriva, navedene su u Tabeli 2, gde su prikazana i ekvivalentna električna vozila.

**Tabela 2. Prikaz reprezentativnih vozila i potrošnje energije**

Konvencionalna vozila (SUS motori)			Električna vozila	
Klasa vozila	vrsta motora	potrošnja (l/100 km)	Klasa vozila	potrošnja (km/kW h)
B (Škoda Fabia)	1.4 benzin	6,5	B (Nissan Leaf)	6,6
	1.4 dizel	4,6		
C (Ford Focus)	1.6 benzin	6,7	C (VW Golf e)	7,89
	1.6 dizel	5,2		
D (VW Passat)	2.0 benzin	8,2	D (Tesla S)	5,31
	2.0 dizel	5,9		
J (Audi Q7)	3.0 benzin	10,7	J (Tesla X)	4,64
	3.0 dizel	9,1		

Za proračun ukupne emisije štetnih gasova koju proizvode električna vozila, neophodno je uzeti u obzir vrednosti koje generiše svaka od sirovina za dobijanje električne energije. S obzirom da se u Srbiji električna energija dominantno dobija iz uglja i hidro energije, uz minimalno učešće prirodnog gasa, u Tabeli 3 biće prikazana količina emisije izduvnih gasova prilikom *Well-to-Wheel* analize za spomenute izvore. Prikazane vrednosti navedene su u metodologiji posmatrane studije, a izvorno su dobijene kao rezultat pregleda 167 studija na sličnu temu (Turconi i ostali, 2013).

**Tabela 3. Emisija štetnih gasova ( $gCO_2/kW h$ ) svake sirovine za dobijanje struje u *Well-to-Wheel* analizi**

Sirovine za dobijanje el. energije	Medijana	Maksimum
Ugalj (R. Srbija: 69%)	960	1370
Hidro energija (R. Srbija: 30%)	4,9	20
Prirodni gas (R. Srbija: 1%)	490	1000

Izvor: (Turconi i ostali, 2013)

Za svaku sirovinu za dobijanje električne energije date su vrednosti medijane i maksimalnih količina  $CO_2$ . Na osnovu ovih vrednosti i prethodno navedenih parametara za proračun ukupne emisije vozila sa SUS motorom, proračunate su ukupne emisije izduvnih gasova za reprezentativna vozila (sa SUS i električnim motorom) u Republici Srbiji, a rezultati su prikazani u Tabeli 4.

**Tabela 4. Emisija štetnih gasova ( $gCO_2/km$ ) *Well-to-Wheel* analize konvencionalnih i električnih vozila**

Klasa vozila	Konvencionalna vozila (SUS motor) [ $gCO_2/km$ ]		Električna vozila [ $gCO_2/km$ ]	
	benzin	dizel	medijana	maksimum
<b>B</b>	180,58	149,10	101,33	145,65
<b>C</b>	186,14	168,55	84,76	121,84
<b>D</b>	227,81	191,24	125,95	181,04
<b>I (SUV)</b>	297,27	294,96	144,13	207,18

Posmatranjem rezultata, ističe se nekoliko zaključaka. Posmatrajući isključivo *Well-to-Wheel* analizu vozila sa SUS motorom, uočava se da je ukupna emisija  $CO_2$  manja za dizel agregate u odnosu na benzinske, uprkos većoj inicijalnoj emisiji kod dizel motora. Razlog se može pronaći u manjoj potrošnji goriva dizel motora, koja je u slučaju ispitivanih vozila niža u proseku za oko 24%. Poređenjem rezultata ukupne emisije  $CO_2$  električnih i konvencionalnih vozila na primeru elektroenergetskog sistema Republike Srbije, može se uočiti da su u svim slučajevima električna vozila ekološki prihvatljivija, odnosno da ostvaruju niže rezultate u poređenju sa ekvivalentnim vozilima pogonjenim SUS motorima. Posmatrajući pojedinačno po klasama vozila i uzimajući medijanu ukupne emisije pri dobijanju električne energije, uočava se da se ta razlika kreće od 32% kod vozila B klase, do skoro 51% kod SUV klase, uzimajući u proračun motore sa manjom emisijom (dizel) kod konvencionalnih vozila. U poređenju električnih i vozila sa benzinskim motorom, razlika je još veća (43-54%). Niža ukupna emisija izduvnih gasova kod električnih vozila zabeležena je i u slučaju poređenja maksimalnih vrednosti emisije pri dobijanju električne energije, odnosno u maksimalno nepovoljnom slučaju ekološkog otiska električnih vozila.

#### 4. ZAKLJUČAK

Transportni sektor, usled konstantnog rasta mobilnosti stanovništva i transportnog rada, doprinosi emisiji štetnih gasova staklene bašte, što uzrokuje sve veće negativne efekte po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Drumski transport, kao dominantan vid transporta, odgovoran je za 21% ukupne emisije  $CO_2$ , rekordnih 39%  $NO_x$ , 10% partikularnih čestica (PM10, PM2.5) itd. Prethodno navedeni podaci uzrokovali su brojna istraživanja koja su pokazala uzročnu posledičnu vezu ovih emisija i više hiljada prerano umrlih lica na godišnjem nivou. Utvrđeno je da bi isključivo posmatrajući smanjenje emisije  $NO_x$  za samo 3  $\mu g/m^3$ , dovelo do pada rizika smrtnosti uzrokovanih bolestima respiratornih organa za 10-18%. Tako je EU 2010. godine usvojila strategiju smanjenja emisije  $CO_2$  za čak 80% do 2050. godine.

Pored iskazanih rezultata, nekoliko krupnih afera koje su pogodile drumski transportni sektor, ubrzalo je iznalaženje alternativnih rešenja za smanjenje emisije. Jedna od najvećih odnosila se na VW-ov „*Diesalgate*” skandal koji je pogodio više od 11 miliona prodatih vozila opremljenih softverom za lažiranje emisije izduvnih gasova, što je u realnoj vožnji pojedinačnog vozila uzrokovalo prekoračenje emisije  $NO_x$  od 15 do 35% u odnosu

na američke EPA standarde, odnosno čak četiri puta od evropskih standarda. Procene su da je ovoliko veća realna emisija samo u Nemačkoj uzrokovala oko 13.000 izgubljenih godina života uz troškove od 1,9 milijardi evra.

Svi prethodno navedeni rezultati istraživanja, uz izrazito negativne prognoze budućnosti i sve strožim ekološkim standardima, doprineli su snažnom trendu razvoja vozila na alternativni pogon, od kojih se poseban akcenat odnosi na vozila sa tzv. nultom emisijom, kakva su pre svega vozila na električni pogon. Međutim, s obzirom da bi nagli porast takvih vozila doprineo većoj proizvodnji struje i opterećenju elektroenergetskih sistema različitih zemalja, koje struju dobijaju iz različitih obnovljivih ili neobnovljivih resursa, postavlja se pitanje da li bi tako uzrokovana emisija u pojedinim zemljama mogla da ima i štetnije efekte od upotrebe konvencionalnih vozila.

Rezultati brojnih istraživanja na ovu temu pokazuju da bi se na globalnom nivou zabeležilo smanjenje većine jedinjenja, sa najvećim efektom u urbanim područjima. Naime, osnovna prednost elektrifikacije saobraćajnog toka ogleda se u pomeranju emisije sa saobraćajnica na elektrane, odnosno na određene tačke u kojima je emisiju štetnih gasova moguće lakše kontrolisati. Time bi se ostvarila poboljšanja u pogledu kvaliteta vazduha i smanjenja uticaja na zdravstveno stanje velikog broja stanovnika gusto naseljenih urbanih zona, uz nešto manje pogoršanje u neposrednoj okolini elektrana. U pogledu emisije pojedinih jedinjenja, zabeležena je redukcija emisije CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, uz neznatno smanjenje PM2.5 i nedostatak bitnije promene PM10. Neznatno smanjenje partikularnih čestica, pre svega PM10, uprkos elektrifikaciji saobraćajnog toka, posledica je povećanja emisije koje nije rezultat sagorevanja goriva u SUS motorima već trošenja (abrazije) kočnica, pneumatika i puta. Naime, uočeno je da električna vozila imaju veću masu u proseku za 24%, što povećava emisiju nastalu eksploatacijom samog vozila i time kompenzuje eliminisanje emisije nastale sagorevanjem fosilnih goriva.

Zaključci većine sličnih studija pokazuju da nivo redukcije emisije polutanata zavisi od vrste električnih vozila i pojedinačnih elektroenergetskih sistema zemalja. Logično, najveći potencijal smanjenja emisije štetnih gasova zabeležen je kod zemalja sa visokim udelom obnovljivih izvora energije, kao u slučaju Norveške, koja 98% električne energije dobija iz obnovljivih izvora (dominantno iz hidro energije). Nasuprot tome, u Južnoafričkoj Republici koja 98% električne energije dobija iz neobnovljivih izvora (pretežno uglj) rezultuje emisiju CO<sub>2</sub> električnog vozila od čak 102 – 149,5 gCO<sub>2</sub>/km, u zavisnosti od klase.

Slična analiza izvršena je i za Republiku Srbiju, u kojoj se 70% električne energije dobija iz neobnovljivih, a 30% iz obnovljivih izvora energije. Uporedna *Well-to-Wheel* analiza konvencionalnih i električnih vozila različitih klasa pokazuju da je moguće ostvariti uštedu emisije CO<sub>2</sub> od 32% do skoro 51% po vozilu, u zavisnosti od veličine vozila.

Generalni je zaključak da bi, čak i slučaju najpozitivnijeg scenarija brzine uvođenja električnih vozila u saobraćajni tok brojnih zemalja, efekti smanjenja emisije polutanata odnosno unapređenja kvaliteta vazduha bili minimalni u narednoj deceniji. Potrebni su značajniji pomaci i u elektrifikaciji teretnih vozila kako bi se nivo emisije polutanata značajnije smanjio. Naravno, neophodne su i dodatne subvencije za uvođenje ostalih tipova vozila na alternativni pogon, koje predstavljaju dobro prelazno (hibridna i plug-in hibridna vozila) ili trajno rešenje (vozila na gorivne ćelije), kao i neprekidno istraživanje i usavršavanje postojećih tehnologija SUS motora radi što bržeg smanjenja emisija štetnih gasova drumskog transportnog sektora. Samo koordinisanim merama u borbi protiv uvećane emisije može doći do stvarnog poboljšanja kvaliteta životne sredine i zdravlja ljudi.

## LITERATURA

- [1] Bloomberg (2019). VW Increases Electric Vehicle Target by 50%, (on-line) available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-12/vw-s-audi-porsche-margins-sag-in-costly-shift-to-electric-era> (21.5.2019)
- [2] César, A. C., Carvalho, J. A., Jr. & Nascimento, L. F. (2015). Association between NO<sub>x</sub> exposure and deaths caused by respiratory diseases in a medium-sized Brazilian city. *Brazilian journal of medical and biological research = Revista brasileira de pesquisas medicas e biologicas*, 48(12), 1130–1135. doi:10.1590/1414-431X20154396
- [3] Chossière. G., Malina. R., Ashok. A., Dedoussi. I., Eastham3. S., Speth. R., Barrett. S. (2017). Public health impacts of excess NO<sub>x</sub> emissions from Volkswagen diesel passenger vehicles in Germany, *Environmental Research Letters* (12-3), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5987>
- [4] Cleantechica (2019). Tesla Model 3 Battery Pack & Battery Cell Teardown Highlights Performance Improvements, (on-line) available at: <https://cleantechica.com/2019/01/28/tesla-model-3-battery-pack-cell-teardown-highlights-performance-improvements/>
- [5] Duong. H., Shin. J., Yudi. Y. (2018). Dry Electrode Coating Technology, 48<sup>th</sup> Power Sources Conference, 11<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup> July, 2018, Denver, Colorado
- [6] European Environment Agency (2018). Air pollutant emissions data viewer (LRTAP Convention), (on-line) available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emission-inventory-report-1990-2016>

- (17.5.2019)
- [7] European Commission, 2011b, Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions "A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050". COM(2011) 112 Final.
- [8] European Council, 2010. Conclusions of the European Council. EUCO 7/10. CO EUR 4. CONCL 1 (March)
- [9] Gupta. S., Patil. V., Himabindu. M., Ravikrishna. R.V. (2016). Life-cycle analysis of energy and greenhouse gas emissions of automotive fuels in India: Part 1 – Tank-to-Wheel analysis, *Energy* (96), 684–698. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.031>
- [10] IEA, 2015. Electricity Information. International Energy Agency (IEA), Paris, France.
- [11] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change*, Cambridge University Press.
- [12] JD Power, 2013. *The Changing Landscape of the Global Automotive Industry*. McGraw Hill Financial, Westlake Village, California, USA.
- [13] Jeong. K. S., Oh. B. S. (2002). Fuel economy and life-cycle cost analysis of a fuel cell hybrid vehicle, *Journal of Power Sources* (105), 58 – 65. DOI: 10.1016/S0378-7753(01)00965-X
- [14] Jonson. J.E, Borken-Kleefeld. J, Simpson. D, Nyiri. A, Posch. M, Heyes. C (2017). Impact of excess NO<sub>x</sub> emissions from diesel cars on air quality, public health and eutrophication in Europe, *Environmental Research Letters*, 12, 094017 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8850>
- [15] Ma. H., Balthasar. F., Tait. N., Riera-Palou. X., Harrison. A. (2012). A new comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles, *Energy Policy* (44), 160–173 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.034>.
- [16] Manzetti. S., Mariasiu. F. (2015). Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (51), 1004–1012. DOI: 10.1016/j.rser.2015.07.010
- [17] Pasaoglu, G., Honselaar, M., Thiel. C. (2012). Potential vehicle fleet CO<sub>2</sub> reduction and cost implications for various vehicle technology deployment scenarios in Europe, *Energy Policy* 40, 404 – 421. doi:10.1016/j.enpol.2011.10.025
- [18] Soret. A., Guevara. M., Baldasano. J.M. (2014). The potential impacts of electric vehicles on air quality in the urban areas of Barcelona and Madrid (Spain), *Atmospheric Environment* (99), 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.09.048>
- [19] Stepanović. N., Tubić. V. (2017). Alternativni pogon kao tehnologija smanjenja negativnog uticaja saobraćaja na životnu sredinu, 5. naučno-stručni skup "Put i životna sredina", ISBN 978-86-88541-08-4, Vršac, Srbija, 28 – 29. septembar, Zbornik radova, str. 230-240.
- [20] Timmers. V., Achten. P. (2016). Non-exhaust PM emissions from electric vehicles, *Atmospheric Environment* (134), 10–17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.017>
- [21] Toyota Motor Corporation (2016). Innovation – environment technology, (on-line) available at: [http://www.toyota-global.com/innovation/environmental\\_technology/fuelcell\\_vehicle/](http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/) (26.6.2017)
- [22] Turconi. R., Boldrin. A., Astrup. T. (2013). Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (28), 555–565. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.013>
- [23] Thomas. S. (2012). How green are electric vehicles, *International journal of hydrogen energy* (37), 6053–6062. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.12.118>
- [24] Thompson G J, Carder D K, Besch M C, Thiruvengadam A and Kappanna H K 2014 In-use emissions testing of light-duty diesel vehicles in the United States ([www.theicct.org/sites/default/files/publications/WVU\\_LDDV\\_in-use\\_ICCT\\_Report\\_Final\\_may2014.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/WVU_LDDV_in-use_ICCT_Report_Final_may2014.pdf))
- [25] Van Mierlo. J., Magetto. G. (2007). Fuel Cell or Battery: Electric Cars are the Future, *Fuel Cells* (07), No:2, 165–173. <https://doi.org/10.1002/fuce.200600052>
- [26] Woo. J., Choi. H., Ahn. J. (2017). The Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective, *Transportation Research Part D* (51), 340–350. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.005>



## METODOLOGIJA PRORAČUNA HELIKOPTERSKE BUKE PRIMENOM INM MODELA

**Asis. Miloš Lukić<sup>1</sup>, master inž. građ.**

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, mlukic@grf.bg.ac.rs

**V. prof. dr Dejan Gavran, dipl.građ.inž.**

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, gavran@eunet.rs

**Doc. dr Sanja Fric, dipl.građ.inž.**

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, sfric@grf.bg.ac.rs

**Asis. Vladan Ilić, master inž. građ.**

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, vilic@grf.bg.ac.rs

**Asis. Filip Trpčevski, master inž. građ.**

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, ftrpcevski@grf.bg.ac.rs

**Asis. Stefan Vranjevac, master inž. građ.**

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, svranjevac@grf.bg.ac.rs

**Rezime:** Jedan od uzroka sve višeg nivoa stresa među gradskom populacijom jeste buka od saobraćaja. Pored buke čiji je najčešći uzrok drumski ili železnički saobraćaj, karakterističnu vrstu buke proizvodi vazdušni saobraćaj. U ovom radu biće predstavljena analiza buke prouzrokovana helikopterom. Cilj rada je da predstavi metodologiju proračuna buke prouzrokovane helikopterima primenom proračunskog modela i programskog paketa kreiranih od strane Američke federalne uprave za vazduhoplovstvo(FAA). Rad ukazuje na osnovne prednosti i mane proračuna buke primenom ove metodologije.

**Ključne reči:** Buka, helikopter, INM, životna sredina

## HELICOPTER NOISE CALCULATION METHODOLOGY – APPLICATION OF INM NOISE MODEL

**Res. Asst. Miloš Lukić, M.Sc. C.E.**

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, mlukic@grf.bg.ac.rs

**Prof. Dejan Gavran, Ph.D. C.E.**

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, gavran@eunet.rs

**Asst. Prof. Sanja Fric, Ph.D. C.E.**

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, sfric@grf.bg.ac.rs

**Res. Asst. Vladan Ilić, M.Sc. C.E.**

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, vilic@grf.bg.ac.rs

**Res. Asst. Filip Trpčevski, M.Sc. C.E.**

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, ftrpcevski@grf.bg.ac.rs

**Res. Asst. Stefan Vranjevac, M.Sc. C.E.**

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, svranjevac@grf.bg.ac.rs

**Abstract:** One of the causes of an increasing level of stress among the urban population is traffic noise. Besides the noise that is most commonly caused by road or rail traffic, a characteristic noise type is produced by air traffic. In this paper, helicopter noise analysis will be presented. The aim of the paper is to present a helicopter noise calculation methodology using a calculation model and software created by the US Federal Aviation Administration (FAA). The paper points to the basic advantages and disadvantages of the noise analysis using this methodology.

**Keywords:** Noise, helicopter, INM, environment

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: mlukic@grf.bg.ac.rs

## 1. UVOD

Konstantan porast stepena motorizovanosti društva dovodi do kreiranja novih izazova u vezi sa saobraćajnom infrastrukturom. Izazovi nastali zbog porasta broja stanovništva, a samim tim i putovanja kreiraju probleme različite po prirodi. Svakako jedan od ključnih problema koji je potrebno sagledati i rešiti jeste uticaj razvijanja saobraćajne infrastrukture na životnu sredinu.

Osnovni uzročnici zagađenja životne sredine saobraćajem mogu se podeliti u dve grupe. Prvu grupu čine zagađenja prouzrokovana emisijom štetnih gasova koji nastaju korišćenjem modernih saobraćajnih prevoznih sredstava. Drugu grupu čini zagađenje životne sredine bukom. Fokus ovog rada je predstavljanje metodologije proračuna zagađenja životne sredine bukom proizvedenom vazдушnim saobraćajem.

Jedan od ključnih izazova za vazduhoplovstvo predstavljaju uticaj buke na stanovništvo koje provodi veći deo dana u blizini aerodroma ili heliodroma. Razvojem komercijalnog avio saobraćaja i uvođenjem mlaznih motora kao novog vida pogona letelica, odbojnost stanovništva prema buci je znatno porasla. Usled ovoga definisane su procedure i metodologije proračuna buke usled aviona i helikoptera.

Metodologija koja će biti opisana u ovom radu razvijena je od strane Američke federalne uprave za vazduhoplovstvo (Federal Aviation Authority – FAA). Ova metodologija je razvijena u obliku računarskog programskog paketa Integrated noise model (INM) i primenjuje se za proračun buke na civilnim aerodromima i heliodromima. U Sjedinjenim Američkim Državama se koristi i programski paket NOISEMAP razvijen od strane Američkog ratnog vazduhoplovstva (U.S Airforce) za vojne baze i aerodrome mešovite upotrebe.

Nekoliko faktora utiče na osetljivost stanovništva na buku vazduhoplova. Osnovni faktori su jačina zvuka, trajanje zvuka, trajektorije kretanja letelice tokom operacija poletanja i sletanja, broj i tip operacija, procedure letenja, doba dana, godišnja sezona i meteorološki uslovi. Kakav će biti odgovor stanovništva na buku nastalu vazduhoplovima zavisi od vrste upotrebe zemljišta i zgrada u blizini aerodroma i heliodroma, udaljenosti od lokacije aerodroma i ambijentalne buke na koju se lokalno stanovništvo već naviklo.

## 2. ZVUČNI PRITISAK I NIVO ZVUČNOG PRITISKA (SOUND PRESSURE LEVEL – SPL)

Zvučna energija nastaje u odgovarajućem izvoru. Prenosi se vazduhom u obliku zvučnih talasa koji predstavljaju sitne fluktuacije pritiska u odnosu na atmosferski pritisak. Fluktuacije u pritisku dolaze do bubne opne u ljudskom slušnom aparatu što dovodi do registrovanja određenog tona. Ove fluktuacije nazivaju se zvučni pritisak i kvantifikuju se kao srednja kvadratna vrednost devijacije pritiska, to jest kvadratni koren prosečne kvadrirane fluktuacije pritiska koja se računa za kratak vremenski period od 1 s. Jednačina za proračun zvučnog pritiska je prikazana pod brojem (I).

$$p_{RMS} = \sqrt{\left(\frac{1}{T} * \int_{t=0}^T p(t)^2 dt\right)} \quad (I)$$

Gde su:

- $p_{RMS}$  = srednja kvadratna vrednost zvučnog pritiska (RMS)
- $p(t)$  = devijacija pritiska u odnosu na atmosferski pritisak u vremenskom trenutku  $t$
- $T$  = vremenski interval za proračun srednje kvadratne vrednosti pritiska, 1 s kod proračuna buke vazduhoplova

Ljudski slušni aparat je sposoban da registruje širok opseg srednje kvadratne vrednosti (root mean square – RMS) zvučnih pritisaka. Primera radi najglasniji zvuk koji ljudsko uvo može da registruje bez bola ima milion puta veću vrednost  $p_{RMS}$  u odnosu na najtiši zvuk. Interesan je način na koji ljudski slušni aparat uočava promene u glasnoći zvuka. Kada se priča o opsegu viših vrednosti  $p_{RMS}$  onda je neophodna veća apsolutna promena u jačini zvuka da bi ljudsko uho registrovalo glasniji zvuk u odnosu na opseg sa nižim vrednostima. Kvantifikovanje jačine zvuka na način blizak ljudskoj percepciji zvuka vrši se primenom logaritamske skale, i jedinice decibel(dB).

Nivo zvučnog pritiska (SPL) predstavlja logaritamsku vrednost odnosa kvadrata vrednosti RMS pritiska i kvadrata vrednosti referentnog pritiska. Jedinica je decibel(dB). Formula za proračun nivoa zvučnog pritiska (SPL) je prikazana pod brojem (II).

$$SPL = 10 \log \left( \frac{p_{RMS}^2}{p_0^2} \right) \quad (II)$$

gde su:

- $p_{RMS}$  = srednja kvadratna vrednost zvučnog pritiska (RMS)
- $p_0$  = referentni pritisak od  $20 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$

Vrednost referentnog pritiska je usvojena tako da aproksimira minimalnu srednju kvadratnu vrednost zvučnog pritiska koju ljudski slušni aparat može da registruje. Opseg nivoa zvučnog pritiska koji se najčešće registruje ljudskim uhom se nalazi u granicama od 30 do 100 dB. Neophodno je napomenuti da ljudi primećuju razliku od 6 do 10 dB kao dvostruki porast u subjektivnom osećaju jačine („glasnoće“) zvuka.

Bitna karakteristika zvuka je njegova frekvencija. Kod čistih tonova ona predstavlja koliko puta u 1 s zvučni pritisak osciluje u odnosu na referentni pritisak. Jedinica mere je hertz(Hz). Svaki zvuk prenosi energiju koristeći širok spektar frekvencija. Raspon frekvencija koje ljudsko uho može da registruje je od 16 Hz do 16000 Hz. Interesantna je činjenica da ljudski slušni aparat nije podjednako osetljiv duž celog opsega frekvencija. Frekvencije od 2000 do 4000 Hz daju utisak da su glasnije od ostalih bez obzira što je vrednost  $p_{RMS}$  zvučnog pritiska ista. Usled ovog fenomena dešava se da dva različita zvuka sa istim zvučnim pritiskom imaju različiti nivo jačine („glasnoće“) i zato se definiše pojam A-težinskog decibela (A-level). A - težinski decibel se dobija primenom odgovarajućeg filtera koji dodaje amplifikaciju ili atenuaciju različitim frekvencijama tako da aproksimira osetljivost ljudskog slušnog aparata. Ovaj filter predstavlja aproksimaciju kompleksnog psihološkog procesa. Prilikom procene buke usled saobraćaja i uticaja na životnu sredinu najčešće se primenjuju A – težinski decibeli (A-levels).

### 3. INTEGRATED NOISE MODEL (INM)

Osnovni proračunski moduli ovog modela su zasnovani na dokumentima razvijenim od strane Society of Automotive Engineers (SAE) i njihovog Komiteta za vazduhoplovstvo (A-21). Članovi ovog komiteta su bili istraživački centri i instituti, projektantske firme, proizvođači vazduhoplova i avionskih motora kao i korisnici programskih paketa i modela za proračune saobraćajne buke. INM model je kompatibilan sa standardima i proračunima definisanim u dokumentima ECAC-a (European Civil Aviation Conference) Document 29 i ICAO-a (International Civil Aviation Organization).

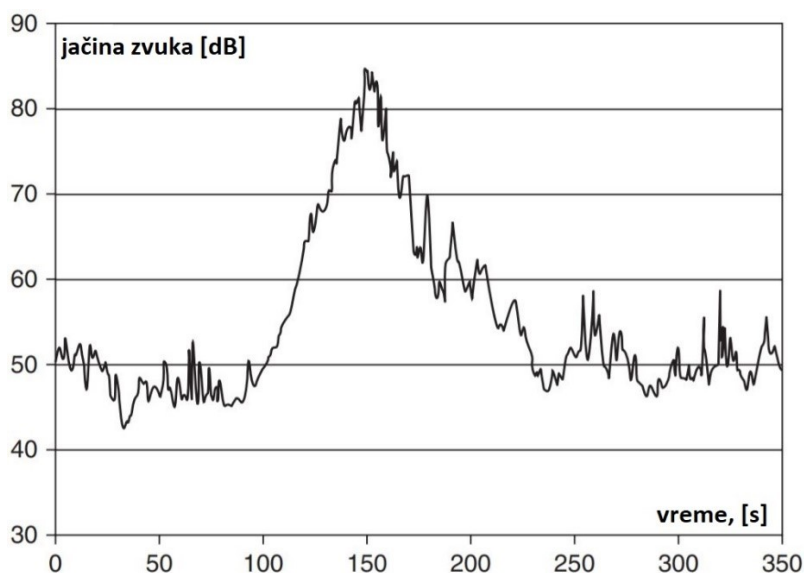
Model je kreiran da bi se koristio za procenu dugoročnih prosečnih uticaja buke koristeći prosečne godišnje ulazne parametre. Model se koristi za proračun metrika zavisnih od komponente vremena (time-based metrics) i metrika maksimalnog nivoa buke (noise-level metrics). Svaka metrika se računa koristeći mrežu tačaka (grid-point computation). Konture buke se računaju uz pomoć pravilne mreže tačaka (regular grid) ili nepravilne mreže.

Pravilna mreža tačaka prijemnika je postavljena kao pravougana mreža sa jednakim rastojanjem između čvorova mreže. Mreža može biti rotirana u odnosu na lokalni koordinatni sistem uz preduslov da se takva rotirana mreža ne korsiti za proračun kontura buke.

Nepravilna mreža se sastoji od rekurzivno izdelfene mreže tačaka sa varijabilnim rastojanjima između čvorova mreže. Nepravilne mreže mogu da se koriste samo za proračun kontura buke. Gustina tačaka mreže je u funkciji od parametra detaljnosti koji definiše korisnik modela, potrebne preciznosti proračuna i minimalne i maksimalne konture buke (cutoff levels). Preciznost kontura se povećava porastom gustine tačaka mreže. Princip proračuna rekurzivno izdelfene nepravilne mreže je isti kao kod pravilne mreže. Prilikom generisanja nepravilne mreže prvi korak je kreiranje pravilne mreže sa rastojanjem tačaka od 1 nautičke milje. Zatim se na osnovu gorepomenutih parametara vrši povećanje gustine mreže u zavisnosti od geometrije lokacije i trajektorija kretanja vazduhoplova.

#### 4. OSNOVNE METRIKE ZA PRORAČUN BUKE HELIKOPTERA

Pored jačine zvuka i frekvencije bitna karakteristika buke koja utiče na životnu sredinu je njeno trajanje i varijacija tokom vremena. Uticaj varijacije buke u toku vremena možemo sagledati kroz poređenje buke autoputa i buke od preleta jednog vazduhoplova. Autoput koji se nalazi u blizini tačke prijemnika stvara relativno ujednačen i kontinualan nivo buke sa minimalnim varijacijama u toku vremena od par decibela. Sa druge strane prilikom preleta helikoptera nastaje veoma prepoznatljiva i prodorna buka. Nivo zvuka prilikom preleta polako se povećava u odnosu na okolnu buku, dostiže maksimum u trenutku preleta kada je helikopter najbliže u odnosu na tačku merenja i zatim se polako stišava dok se ne stopi sa okolnom bukom. Ovaj fenomen je prikazan sa slici 1.



Slika 1. Grafik jačine zvuka prilikom preleta vazduhoplova  
Izvor: [L3]

Prilikom kreiranja propisa i standarda kao i poređenja buke poželjno je definisati jedinstvenu numerčku skalu. Jednostavna metrika koja opisuje jačinu zvuka jeste maksimalna jačina zvuka A-skale ( $L_{A,max}$ ). Ova metrika se lako može izmeriti uz pomoć sonometra. Prilikom merenja očitava se samo maksimalna zabeležena vrednost. Ova metrika ne uzima u obzir trajanje buke. Neophodno je napomenuti da je ljudima priyatnije da buka duplo duže traje ako je samo 3 dB tiša [L3]. Metrika  $L_{A,max}$  se odnosi na proračun buke od samo jednog događaja.

Metrika koja je najzastupljenija u svetskim propisima prilikom poređenja buke od vazduhoplova je  $L_{A,EQ}$  metrika. Ova metrika je nastala usled potrebe da se kvantifikuje buka koja je nastala u toku dužeg vremenskog perioda, kao što je sat, nekoliko sati ili dan. Računa se tako što se sabira zvučna energija od svih zvučnih događaja u posmatranom vremenskom periodu i onda uniformno raspoređuje duž tog vremenskog perioda. Formula za proračun  $L_{A,EQ}$  metrike je prikazana pod brojem (III).

$$L_{A,EQ} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum_{j=1}^M 10^{L_{AE,j}/10} \right) \quad (III)$$

Gde su:

- $L_{AE}$  = nivo izlaganja zvuku (sound exposure level – SEL) proizveden j-tim preletom vazduhoplova
- $M$  = broj zvučnih događaja u vremenskom periodu
- $T$  = vremenski interval izražen u sekundama



Proračun buke započinje se definisanjem nekoliko geometrijskih parametara koji opisuju trajektoriju kretanja vazduhoplova. INM sadrži akustičke baze podataka NPD koje se koriguju sa podacima iz baze spektralnih klasa. NPD baza podataka sadrži skup od tri krive koje se koriste za proračun buke dinamičkih operacionih stanja helikoptera. Statičke operacije se modeluju primenom specijalnih NPD krivih koje se zatim koriguju primenom statičkog korekcionog faktora za usmerenost zvuka. INM sadrži skupove NPD krivih za različite tipove helikoptera i to za različita operaciona stanja (poletanje, sletanje, krstarenje, lebdenje u mestu).

Osnovni geometrijski parametri su: 1. najbliža tačka na trajektoriji kretanja helikoptera u odnosu na tačku posmatrača (observer point), i 2. udaljenje najbliže tačke na trajektoriji u odnosu na tačku posmatrača (SLR-slant range)

Osnovni parametri vazduhoplova su: 1. brzina helikoptera na odgovarajućem segmentu trajektorije, 2. visina helikoptera, 3. snaga motora, operaciono stanje helikoptera.

Nakon proračuna ovih parametara vrši se proračun svih korekcija koje se zatim dodaju proračunu metrike. U daljem delu ovog rada biće ukratko opisane korekcije helikopterske buke.

### **5.1 Korekcija za atmosfersku apsorpciju (AAadj)**

Primenom baze spektralnih klasa omogućeno je da se izvrši korekcija usled atmosferske apsorpcije zbog efekata temperature i relativne vlažnosti vazduha. Nivo jačine zvuka koji se registruje u sredini sa nižim vrednostima vlažnosti vazduha je manji usled ove apsorpcije. Spektralne klase u INM-u su korigovane prema uslovima sredine referentnog dana primenom dokumenta SAE-AIR-1845 [L6].

### **5.2 Korekcija za akustičku impedansu (Aladj)**

Akustička impedansa se odnosi na propagaciju zvučnih talasa u akustičkom medijumu. Definiše se kao proizvod gustine vazduha i brzine zvuka u vazduhu. U zavisnosti je od temperature, atmosferskog pritiska i visine leta helikoptera. Referentne vrednosti za korekciju su temperatura od 25 °C, pritisak od 101.32 kPa i nadmorska visina od 0 mm.

### **5.3 Korekcija za lateralnu usmerenost zvuka(LDadj)**

Ova korekcija je specifična za proračun helikopterske buke u odnosu na ostale tipove vazduhoplova. Usmerenost zvuka helikoptera se modelira primenom tri NPD krive. Definisane su leva, centralna i desna kriva. Leva i desna kriva sadrže akustičke karakteristike sa strane do ugla od 45 stepeni. Centralna kriva sadrži podatke za proračun buke direktno ispod trajektorije kretanja vazduhoplova.

### **5.4 Korekcija izvora helikopterske buke(MNadj)**

Data korekcija se odnosi na popravku vrednosti buke usled brzine vrha lopatice glavnog rotora helikoptera. Korekcija je u funkciji od brzine kretanja helikoptera, temperature i broja obrtaja (RPM) glavnog rotora.

### **5.5 Korekcija za frakciju buke segmenta(NFadj)**

Proračun osnovnih elemenata metrike se zasnivaju na pretpostavci da se helikopter kreće duž pravolinijske putanje, paralelne zemlji i beskonačne dužine. Korekcija je neophodna da bi se ove vrednosti prilagodile realnim uslovima kretanja helikoptera. Zasniva se na četvorostepenom dvopolnom modelu radijacije zvuka[L4].

### **5.6 Korekcija za dužinu trajanja događaja (DURadj)**

NPD baza podataka je definisana za referentnu brzinu od 160 čvorova. Ukoliko se vazduhoplov kreće većom brzinom od 160 čvorova korekcija za dužinu trajanja događaja se primenjuje da bi se modeliralo ubrzanje i usporenje letelice u toku vremena.

### 5.7 Korekcija za lateralnu atenuaciju (LAadj)

Razlika u nivou jačine zvuka direktno ispod putanje kretanja helikoptera i neke tačke koja se nalazi sa strane proizilazi usled lateralne atenuacije. Lateralna atenuacija uzima u obzir sledeće fenomene prilikom proračuna korekcije: 1. efekat refleksije talasa, 2. refrakcija talasa, 3. efekti pozicije motora. Bitno je napomenuti da se korekcija računa uvek uz pretpostavku da je zemlja idealno ravna površina čak i kada je uključen proračun primenom digitalnog modela terena.

### 5.8 Korekcija za usmerenost zvuka helikoptera (DIRheli\_adj)

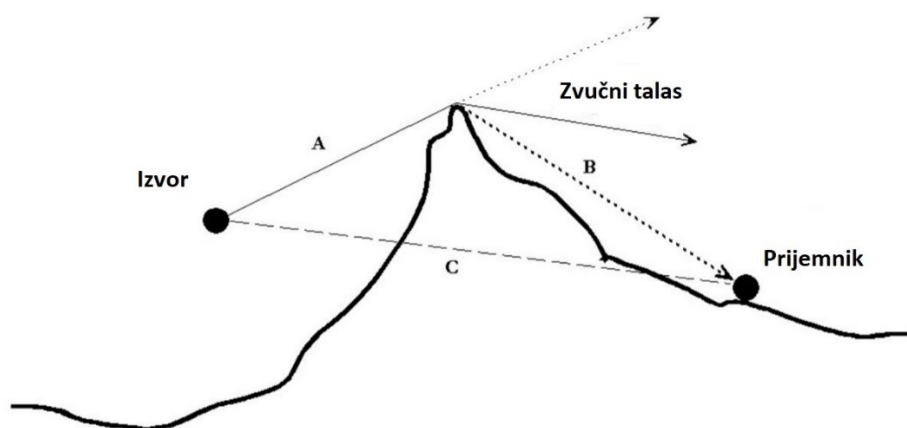
Statička korekcija usmerenosti zvuka vrši se usled promene ugla azimuta helikoptera, koji se meri u smeru kazaljke na satu počevši od nosa letelice. Ova korekcija je zasnovana na empirijskim vrednostima. Primenjuje se samo kada se helikopter nalazi u statičkim stanjima.

### 5.9 Korekcija za trajanje statičke operacije helikoptera (theli\_static)

Helikopteri mogu da promene svoje operaciono stanje u toku leta. Naime tokom leta prateći jedan segment trajektorije helikopter može preći u statički režim rada. Usled toga vreme koje je proveo na tom segmentu nije više u funkciji brzine i dužine segmenta već zavisi i od dužine trajanja statičkog režima rada. Ova korekcija se vrši nakon svih ostalih korekcija.

### 5.10 Korekcija za blokiranje zvuka usled prepreka (LOSadj)

Korekcija zvuka usled prepreka definiše atenuaciju nastalu zbog topografije terena i fizičkih prepreka na terenu. Zasniva se na principu razlike u dužini puta propagacije zvučnih talasa. Naime računa se dužina direktne putanje talasa od izvora do prijemnika, a zatim dužina putanje koju talas mora da pređe da bi zaobišao prepreku i stigao do prijemnika. Grafičko pojašnjenje korekcije dato je na slici 3.



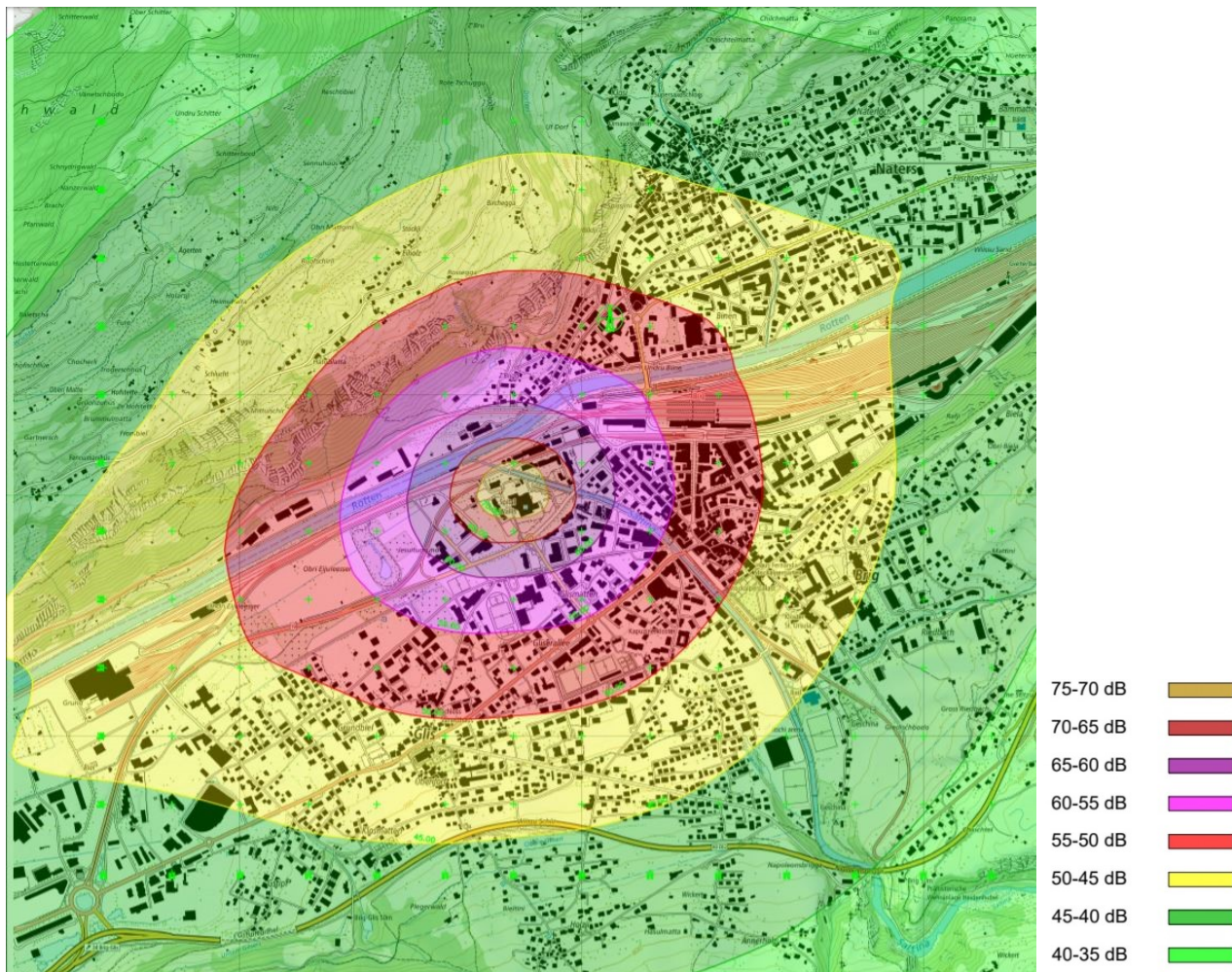
**Slika 3.** Grafički prikaz putanja talasa prilikom proračuna LOSadj  
Izvor: [L1]

Oznaka A na slici 3. predstavlja putanju od izvora zvuka do difrakcione tačke (barijere). Oznaka B je dužina putanje talasa od difrakcione tačke do prijemnika, a oznaka C predstavlja direktnu putanju talasa ukoliko ne bi postojala barijera. Na osnovu ovih dužina računa se parametar razlike dužina putanje koji se dalje koristi za proračun Fresnelovog broja ( $N_0$ ), efekta barijere i LOSadj.

## 6. REZULTATI PRORAČUNA

Nakon završetka proračuna kao rezultati se dobijaju tabele sa numeričkim vrednostima metrika i grafički prikaz tih tabela u obliku kontura buke. Najzastupljeniji način predstavljanja buke je uz pomoć kontura buke. Konture buke predstavljaju izolnije koje spajaju mesta sa istom vrednošću odgovarajuće sračunate metrike.

Na slici 4. prikazan je standardni način predstavljanja helikopterske buke. Predmetna lokacija nalazi se u Švajcarskoj. Analiza je izvršena primenom INM modela sa odgovarajućim modifikacijama metrike kako bi bile u skladu sa lokalnim propisima o dozvoljenom nivou buke.



**Slika 4.** Grafički prikaz kontura buke za heliport u Švajcarskoj  
Izvor: BaTT GmbH

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog u radu može se doći do sledećih zaključaka. Glavne prednosti ovog modela proračuna i programskog paketa koji koristi ovaj model su:

1. INM čini izuzetno kompleksan i sveobuhvatan model proračuna helikopterske buke zasnovan na pretpostavkama koje su testirane i potvrđene na terenu
2. Zasnovan je na osnovu istraživanja eminentnih institucija i svetski priznatih propisa i standarda iz oblasti analize buke vazduhoplova
3. NPD baza podataka ovog modela sadrži veliki broj tipova helikoptera u odnosu na konkurentske modele



Neke od mana ovog modela uočene od strane autora ovog rada su:

1. Neophodno je razviti algoritam proračuna efekata akustički "tvrdih" podloga kao što su stenske mase. Trenutni model sadrži samo jedinstveni tip terena koji je akustički "meka" podloga.
2. INM nije detaljan akustički model. Mogu nastati znatne razlike između izmerenih vrednosti u realnim uslovima i sračunatih u modelu. Ova neslaganja nastaju usled raznih uprošćenja koja su usvojena u modelu da bi pojednostavio sam proračun koji je kompleksan.
3. Nemogućnost upotrebe detaljnih digitalnih modela terena. INM model i programski paket koji ga sadrži ograničen je na upotrebu digitalnih modela terena male tačnosti.
4. Nemogućnost proračuna kontura buke u zonama visokih zgrada upotrebom analize blokiranja zvučnih talasa objektima.
5. Zastareli grafički korisnički interfejs i princip rada samog programskog paketa.

## Literatura

- [1] Boeker, E.; Dinges, E.; He, B.; Fleming, G.; Roof, C.; Gerbi, P.; Rapoza, A.; Hemann, J. 2008. *Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 Technical Manual*. FAA. USA. 210 p.
- [2] He, B.; Dinges, E.; Hemann, J.; Rickel; Mirsky; Roof, C.; Boeker, E.; Gerbi, P.; Senzig. 2007. *Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 User's Guide*. FAA. USA. 446 p.
- [3] Horonjeff, R.; McKelvey, F.; Sproule, W.; Young, S. 2010. *Planning and Design of Airports*, , The McGraw-Hill Companies, Inc. USA. 689 p.
- [4] Kurzweil, L. 1987. *Computation of Fraction (F12) of Data-Base Noise Level Represented by a Finite Length Flight Segment*, INM Technical Overview and Work Plan, Cambridge, MA: Transportation Systems Center
- [5] European Civil Aviation Conference (ECAC). 2005. *Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports*. Doc 29 (3rd Edition)
- [6] SAE. 2012. *Procedure for the calculation of airplane noise in the vicinity of airports air1845a*. SAE International. 84 p.

## УТИЦАЈ ПОВЕЋАЊА ОГРАНИЧЕЊА БРЗИНЕ НА АУТОПУТЕВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ НА НИВО ЗАГАЂЕЊА БУКОМ

**Милош Малбаша**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Саобраћајни факултет, Београд, milosmalbasa95@gmail.com

**Владимир Ђорић**<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Саобраћајни факултет, Београд, v.djoric@sf.bg.ac.rs

**Владан Тубић**<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Саобраћајни факултет, Београд, vladan@sf.bg.ac.rs

**Резиме:** Бука представља један од нежељених продуката саобраћаја, који последњих деценија постаје све већи проблем, посебно у урбаним срединама. Многа истраживања указују да постоји велики број фактора који утиче на ниво буке генерисане од стране друмског саобраћаја. Делови возила: мотор, пнеуматици и издувни систем су појединачни извори буке. С друге стране у саобраћајном току значајни су: брзина возила, проток као и структура самог тока. Једно теретно возило при брзини од 90 km/h производи буку еквивалентну буци коју производи 28 путничких аутомобила при истој брзини (Вогојевић, et al., 2011). Примарни циљ овог рада је био да се утврди у којој мери је повећање ограничења брзине на аутопутевима са 120 km/h на 130 km/h утицало на ниво буке. Извршена су мерења на државном путу првог реда број А3, на потезу од зоне уливно/изливне рампе Добановци до наплатне станице Шимановци. Мерења су извршена (а) у условима слободног тока где је брзина приближна новом ограничењу брзине, зона уливно/изливне рампе Добановци, као и (б) у условима у којима је ток нешто спорији, односно брзина је приближна старом ограничењу у зони наплатне станице Шимановци. Додатно је испитан и утицај стања коловоза на ниво буке. Одабрана су места на посматраном потезу на којима је стање коловоза „боље“ и „лошије“ и на тим местима су вршена мерења. Због валидности резултата и сагледавања утицаја протока на буку извршено је и бројање саобраћаја. Добијени резултати су анализирани и упоређени.

**Кључне речи:** бука, брзина, проток, стање коловоза

## THE IMPACT OF INCREASING SPEED LIMITATIONS AT HIGHWAYS IN THE REPUBLIC OF SERBIA TO THE NOISE POLLUTION LEVEL

**Милош Малбаша**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering

**Владимир Ђорић**

<sup>2</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering

**Владан Тубић**<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering

**Summary:** Noise is one of the undesired products of transport, which has become an increasing problem in the last decades, especially in urban areas. Many studies indicate that there are a large number of factors that influence the noise level generated by road traffic. Components such as the engine, tires and exhaust system are the largest sources of noise pollution produced by the vehicle. Vehicle speed, flow and structure of the flow greatly influence the level of pollution. A freight vehicle at a speed of 90 km/h produces noise equivalent to the noise produced by 28 passenger cars at the same speed. The primary goal of this study was to determine the extent to which the increase in speed limits on highways from 120 km/h to 130 km/h affected the noise level. To determine this, measurements were made on the state road of the first row number A3, from the Dobanovci inflow/outflow ramp to the Šimanovci toll station, at predetermined locations. The task was to provide (a) free-flow conditions where the speed is approximate to the new speed limit, the Dobanovci inflow/outflow ramp zone and the conditions (b) where the flow is somewhat slower, that is, the speed of an approximate old limitation in the zone of the Šimanovci pay station.

---

<sup>1</sup> Милош Малбаша: milosmalbasa95@gmail.com

*Also, apart from the primary goal, the work was also concerned with the condition of the roadway affecting the noise level. The points were selected on the observed course where the condition of the carriageway was "better" and "worse" and measurements were made at those points. Due to the validity of the results and the perception of the noise flow, traffic counting was performed. Measurements were made on workdays and weekends. The obtained results were analyzed and compared, working days and weekends, as well as "worse" and "better" roadway.*

**Key words:** noise, speed, flow, roadway conditions

## 1. УВОД

Бука је један од главних узрока смањеног квалитета живота, посебно у урбаним срединама у којима је стално присутна. Од свих видова транспорта, друмски саобраћај, са уделом од око 65% у укупном загађењу буком насталом од саобраћаја истиче се као главни загађивач. Опште је прихваћено да се ниво буке од 55 dB сматра узнемирујућим, док се ниво буке од 65 dB сматра неподношљивим. [1] Постоји тренд повећања нивоа буке у неразвијеном делу света као и у земљама у развоју где се појављују изузетно високи нивои буке између 90-100 dB, доминантно због употребе застарелих мотора, возила са дизел агрегатима и употребе мотоцикала. [1] Склопови возила који представљају највеће појединачне изворе буке су: мотор, пнеуматици и издувни систем. Такође, брзина возила као параметар саобраћајног тока има јако велики утицај на ниво буке. При нижим брзинама доминантна је бука коју производи мотор возила, док при већим брзинама доминира бука која настаје интеракцијом пнеуматика и подлоге. Студије показују да у урбаним срединама, где су брзине од 30 до 50 km/h, бука од рада мотора игра важну улогу, док на аутопуту поменути извор буке се може занемарити. [1] Са друге стране при брзинама већим од 50 km/h контакт пнеуматика и подлоге постаје доминантан извор буке. Аутомобил који се креће брзином од 20 km/h емитује буку од 55 dB, при брзини од 40 km/h генерише 65 dB, брзина од 80 km/h ствара буку од 75 dB, док брзина од 100 km/h генерише 80 dB. [1] Ниво буке генерисан од стране друмских возила зависи у многоме од протока и структуре саобраћајног тока. При брзини од 30 km/h једно тешко теретно возило може емитовати буку као 15 путничких аутомобила. Међутим, путничка возила доминантно генеришу буку зато што она чине највећи део саобраћајног тока. Чак и на путевима којима се креће већи проценат тешког теретног саобраћаја, аутомобили обично и даље доминирају у генерисању буке због већих брзина којима се крећу. На путевима са већим брзинама, ефекти смањења брзине за 10 km/h су мањи и зависе од процента тешких теретних возила у структури тока.

За путеве са брзинама између 60 и 110 km/h, где 10% структуре тока чине тешка теретна возила, смањење брзине за 10 km/h ће смањити буку за 1-2 dB. Проток од 200 voz/h производи буку упола мањег интензитета од буке коју генерише 2000 voz/h. Дакле, проток мора да буде значајно мањи како би ниво буке значајније опао. Смањење протока чак и у малом проценту може утицати на ниво буке, смањењем укупног број бучних догађаја. [2] Међутим, чак и у оваквој ситуацији смањење брзине има велику важност. Бука генерисана од друмског саобраћаја неће аутоматски опасти са падом протока ако то омогући да се преостали ток креће већим брзинама. [2] Поред брзине, протока и структуре тока у обзир треба узети и стање коловоза као важан фактор који утиче на ниво буке. Добро одржавање коловоза смањује оптерећење на пут и тако утиче на смањење нивоа буке. Лоше одржавање путева у великој мери утиче на повећање саобраћајне буке, настале из интеракције пнеуматика и површине коловоза. Површина коловоза са отвореном и порозном текстуром није само погодна за смањење нивоа буке, већ обезбеђује и боље приањање пнеуматика а тиме се постиже већа безбедност у возњи. Флексибилне коловозне конструкције, које најефикасније редукују буку, су оне које су изграђене од једнослојних и двослојних порозних асфалта. За евалуацију постигнутих ефеката редукције буке на рехабилитованим или реконструисаним деоницама пута, коловози са порозним асфалтима најчешће се пореде са стандардним асфалтним мешавинама. Двослојни порозни асфалти су за 4 dB тиши од једнослојних, док су у односу на стандардне асфалтне мешавине, двослојни порозни асфалти тиши за 8-9 dB. Недостатак овог решења за смањење нивоа буке лежи у потреби за интензивним одржавањем. Поред тога долази и до значајних оштећења током зиме као резултат смрзавања. [3]

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА

Циљ рада је да утврди како промена ограничења брзине на аутопутевима у Србији са 120 km/h на 130 km/h утиче на ниво буке. Мерење буке је вршено на државном путу првог реда број А3, на потезу од зоне уливно/изливне рампе „Добановци“ до зоне наплатне станице „Шимановци“. Овај потез је изабран из разлога што у зони Добановаца ток тежи слободном и осликава ограничење брзине од 130 km/h, док у зони 1,5 km пре наплатне станице „Шимановци“ брзина возила тежи старом ограничењу брзине због близине наплатне станице и искључења са аутопута „Шимановци“, закључак на основу анализе података са аутоматских бројача ЈП Путеви Србије. Истраживање је рађено радним даном и викендом, у поподневном вршном сату. Како би истраживање било што поузданије вршено је и бројање саобраћаја (мерено у интервалима од 15 минута). Прикупљање података је обављено уз помоћ уређаја за мерење нивоа буке PeakTech 8005 и ручним бројањем саобраћаја.

Истовремено је у оквиру вршног часа вршено мерење уз помоћ поменутог уређаја и ручно бројање саобраћаја у интервалима од петнаест минута. Подаци са инструмента су снимани континуално са фреквенцијом од 1 s (900 података). Мерење које је вршено нерадним даном је прво обављено у зони уливне/изливне рампе „Добановци“, 800 m од укључења на аутопут. Мерење које је извршено радним даном, такође у вршном сату, обухватило је поред мерења на две поменуте локације и мерења која су имала за циљ да представе како стање коловоза утиче на буку. Недостатак мерења на овим локацијама је тај што нису били доступни тачни подаци о реконструкцији коловоза већ су локације за мерење одређене по субјективној процени стања коловоза. Прво мерење је вршено километар после локације на којој је мерено у зони уливне/изливне рампе „Добановци“, где је коловоз процењен као „лошији“ и километар пре локације на којој је мерена бука, у зони наплатне станице „Шимановци“, где је коловоз процењен као „бољи“.

## 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Мерења су извршена у складу са Правилником о методама мерења буке у животној средини. Добијени резултати су приказани и упоређени: радни дан и викенд, као и „лошије“ и „боље“ стање коловоза.

### 3.1. Резултати мерења-викенд

У табели 1 су приказани резултати мерења која су извршена нерадним даном. Добијене вредности показују да се при разлици у протоку од 5,65% еквивалентни ниво буке смањило за 0,47dB.

Табела 1. Резултати мерења-викенд

	Зона Добановаца	Зона Шимановаца
Проток (voz/15 min)	355	336
МАХ (dB)	93,70	90
МИН (dB)	53,30	50,90
Екв. ниво (dB)	80,83	80,36

Максималне измерена вредност на две локације износе 93,70 dB у зони Добановаца, односно 90 dB у зони наплатне станице Шимановци. Са друге стране, најмање забележене вредности буке износе 53,30 dB и 50,90 dB. При протоку од 251 voz/15 min избројаних у зони наплатне станице Шимановци еквивалентни ниво буке је износио 76,54 dB. На графику 1 је представљен тренд нивоа буке у периоду од једног минута, на посматраним локацијама. Мерено је петнаест минута по локацији.

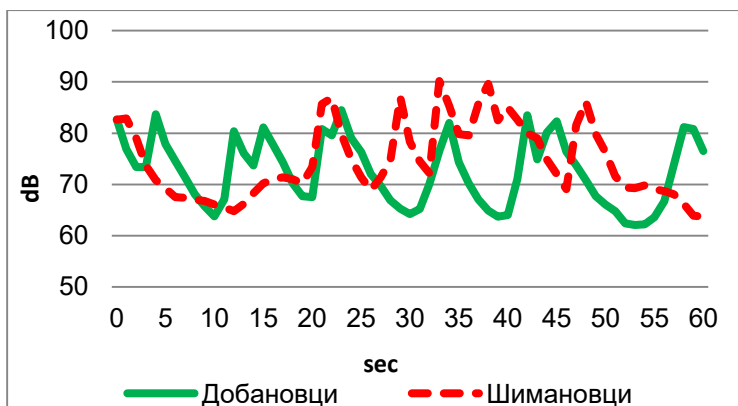


График 1. Тренд нивоа буке-викенд

### 3.1.1. Резултати мерења-радни дан

У табели су приказани резултати мерења која су извршена радним даном. Добијени резултати показују да се при разлици у протоку од 5,07%, еквивалентни ниво буке разликује за 0,11 dB.

Табела 2. Резултати мерења-радни дан

	Зона Добановаца	Зона Шимановаца
Проток (voz/15 min)	414	435
МАХ (dB)	95,80	93,10
МИН (dB)	61,60	61,10
Екв.ниво (dB)	81,14	81,03

Занимљиво да је при већем протоку добијен мањи еквивалентни ниво буке него при мањем протоку у зони Добановаца. На овој локацији ток се креће већим брзинама. Максимална измерена вредност буке износи 95,80 dB у зони Добановаца, односно 93,10 dB у зони наплатне станице Шимановци. Најмање вредности буке износе 61,60 dB у зони Добановаца, односно 61,10 dB у зони наплатне станице Шимановци. На графику 2 је представљен тренд нивоа буке, у периоду од једног минута.

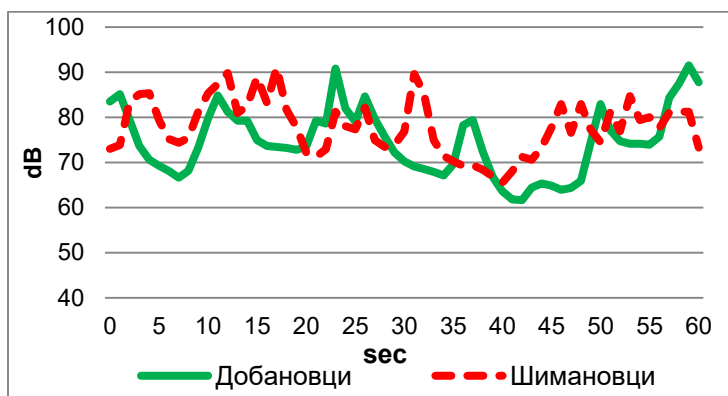


График 2. Тренд нивоа буке у периоду мерења-радни дан

### 3.1.2. Резултати мерења - утицај стања коловоза

У табели 3 су приказани резултати мерења, која су извршена како би се увидело како стање коловоза утиче на ниво буке. Добијене вредности показују да се при разлици у протоку од 4,86% ниво буке смањио за 1,1 dB.

Табела 3. Резултати мерења-стање коловоза

	Зона са „лошијим“ стањем коловоза	Зона са „бољим“ стањем коловоза
Проток (voz/15 min)	432	453
МАХ (dB)	92,90	101,50
МИН (dB)	63,70	62
Екв.ниво (dB)	80,92	79,82

Максимална измерена вредност на локацији са „лошијим“ стањем коловоза износи 92,90 dB, односно 101,50 dB на локацији са „бољим“ стањем коловоза. Са друге стране, најмање забележене вредности буке износе 63,70 dB и 62 dB респективно. На графику 3 је представљен тренд нивоа буке, један минут, на посматраним локацијама са „бољим“ и „лошијим“ стањем коловоза.

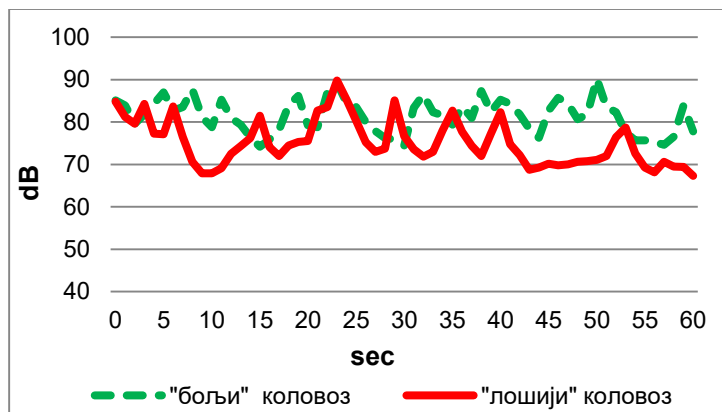


График 3. Тренд нивоа буке у периоду мерења-стање коловоза

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Истраживање које је спроведено имало је за циљ да испита зависност нивоа буке од брзине, протока и стања коловоза на аутопутској мрежи у нашој земљи. Резултати мерења извршеног нерадним даном су показали да при већем протоку и већој брзини којом се ток креће и еквивалентни ниво буке је већи. Са друге стране мерења извршена радним даном су показала да на локацији са мањим протоком и већом брзином еквивалентни ниво буке је већи, што доводи до закључка да брзина има већи утицај на ниво буке од протока.

На крају, мерења која су имала за циљ да испитају како стање коловоза утиче на ниво буке показала су да при мањем протоку и већој брзини, еквивалентни ниво буке је већи на деоници са лошијим стањем коловоза, чиме се испоставило да је стање коловоза у највећој мери утицало на повећање еквивалентног нивоа буке. Резултати су потврдили да заиста мора да постоји велика разлика у протоку возила како би се ниво буке значајније променио. Оно што је највећи недостатак истраживања јесте недостатак мерења брзине. Са истовременим подацима о брзини и протоку може се јасније и прецизније донети закључак о утицају промене ограничење брзине на ниво буке. Препорука за наредна истраживања је да се у истраживање укључи и мерење овог параметра како би анализа била комплетнија.

#### Литература

[1] Starčević, S., Vojović, N. (2016). Noise as an external effect of traffic and transportation. Military technical courie, Vol 64, No 3.

[2] Mitchell, P. (2009). The role that lower speeds could play in cutting noise from traffic. A report commissioned by the UK Noise Association.

[3] Илић, В., Орешковић, М. (2015). Предности и мане примене порозних асфалта у урбаним срединама. Међународна конференција Савремена достигнућа у грађевинарству, Суботица, Србија.

[4] Мошић, М., Видовић Н., Ђорић В., (2019). Утицај баријера за заштиту од буке на локацији Клиничког центра у Београду.

[5] Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке. "Сл. гласник РС", бр. 72/2010

# ANALIZA UTICAJA RAZVOJA PUTNE INFRASTRUKTURE NA ŽIVOTINJSKA STANIŠTA

**Doc. dr Sanja Fric<sup>1</sup>, dipl.građ.inž.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [sfric@grf.bg.ac.rs](mailto:sfric@grf.bg.ac.rs)*

**V. prof. dr Dejan Gavran, dipl.građ.inž.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [gavran@eunet.rs](mailto:gavran@eunet.rs)*

**Asis. Vladan Ilić, master inž.građ**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [vilic@grf.bg.ac.rs](mailto:vilic@grf.bg.ac.rs)*

**Asis. Filip Trpčevski, master inž. građ.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [ftprcevski@grf.bg.ac.rs](mailto:ftprcevski@grf.bg.ac.rs)*

**Asis. Stefan Vranjevac, master inž. građ.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [svranjevac@grf.bg.ac.rs](mailto:svranjevac@grf.bg.ac.rs)*

**Asis. Miloš Lukić, master inž. građ.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [mlukic@grf.bg.ac.rs](mailto:mlukic@grf.bg.ac.rs)*

**Rezime:** *Razvoj putnih koridora širom Evrope ima neosporno jak pozitivan uticaj na povezivanje ljudi i dobara. Međutim, istovremeno, on direktno utiče na sve aspekte životne sredine u okruženju u kojima se ti koridori nalaze. Okruženje puteva je promenjeno u toj meri da dolazi do značajnog smanjenja populacije flore i faune. Prisutno je razbijanje prirodnih staništa životinja na male i nepovezane celine, što kao krajnju posledicu ima gubitak tih staništa u potpunosti. U radu će biti prikazana analiza uticaja izgradnje puteva na životinjska staništa i shodno tome, biće date konkretne mere kojima se može uticati na smanjenje negativnih efekata razvoja putne infrastrukture na životinjski svet.*

**Ključne reči:** *putevi, životna sredina, životinjska staništa, mere*

## IMPACT OF ROAD INFRASTRUCTURE INCREASE ON NATURAL HABITAT

**Asst. Prof. Sanja Fric, Ph.D. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [sfric@grf.bg.ac.rs](mailto:sfric@grf.bg.ac.rs)*

**Prof. Dejan Gavran, Ph.D. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [gavran@eunet.rs](mailto:gavran@eunet.rs)*

**Res. Asst. Vladan Ilić, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [vilic@grf.bg.ac.rs](mailto:vilic@grf.bg.ac.rs)*

**Res. Asst. Filip Trpčevski, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [ftprcevski@grf.bg.ac.rs](mailto:ftprcevski@grf.bg.ac.rs)*

**Res. Asst. Stefan Vranjevac, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [svranjevac@grf.bg.ac.rs](mailto:svranjevac@grf.bg.ac.rs)*

**Res. Asst. Miloš Lukić, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [mlukic@grf.bg.ac.rs](mailto:mlukic@grf.bg.ac.rs)*

**Abstract:** *The development of road corridors across Europe has undoubtedly a strong positive influence on connecting people and goods. However, at the same time, it directly affects all aspects of the environment in which these corridors*

---

<sup>1</sup> Sanja Fric: [sfric@grf.bg.ac.rs](mailto:sfric@grf.bg.ac.rs)



are located. The road environment has changed to the extent that there is a significant reduction in the population of flora and fauna. There is a disruption of the natural habitats of animals to small and unrelated parts, which as a final consequence has the loss of these habitats completely. The paper will present the analysis of the impact of the road construction on animal habitats and accordingly, concrete measures will be given that can influence the reduction of the negative effects of the road infrastructure growth on the animal world.

**Keywords:** Roads, environment, animal habitat, measures

## 1. UVOD

Sa sigurnošću se može reći da infrastruktura predstavlja osnov opstanka i razvoja civilizacije i da je ovu važnu ulogu imala još od nastanka čoveka i ona zasigurno traje i dan danas. Ova fizička i prostorna struktura omogućava kretanje ljudi, dobara, različitih proizvoda i vidova energije. Važan segment javne infrastrukture svakako predstavlja saobraćajna infrastruktura (putevi, železnice, aerodromi, unutrašnji plovni putevi i pristaništa).

U skladu sa njenim značajem za zajednicu, kao prioritetan zadatak se izdvaja racionalno i efikasno gazdovanje ovim javnim dobrima, sa posebnim osvrtom na uticaj ovakvih sistema na životnu sredinu. U ovom radu će se analizirati uticaji razvoja putne infrastrukture na životnu sredinu, pre svega na životinjski svet, kao važan činilac okoline vangradskih puteva (L2).

Uticaje putne infrastrukture na životnu sredinu najbolje ilustruje slika 1.

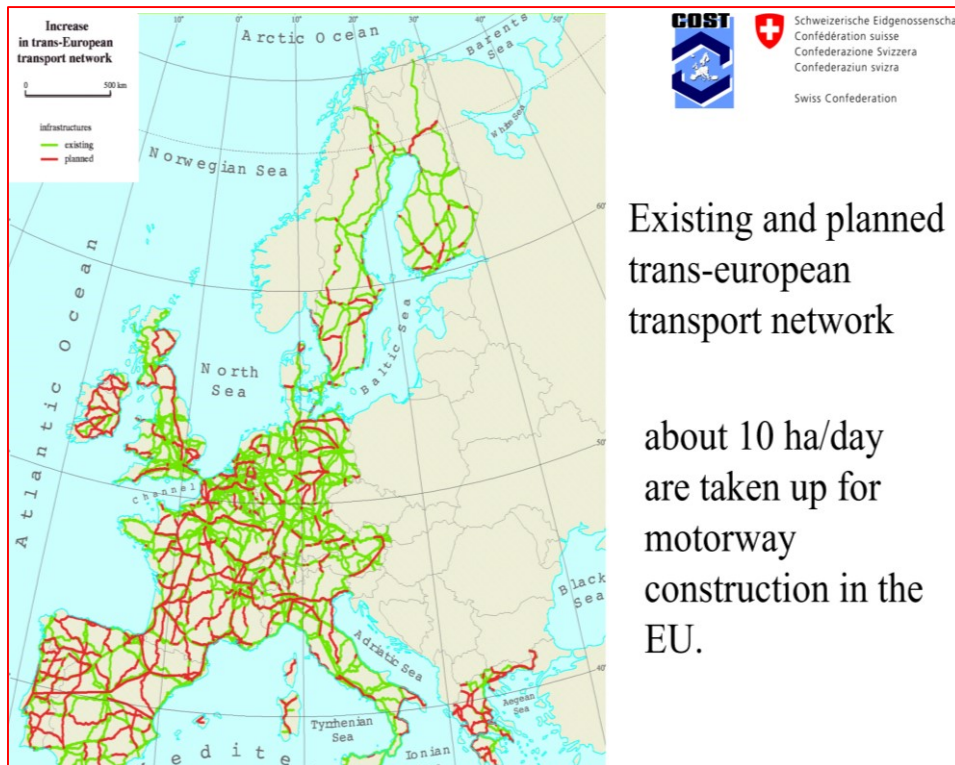


**Slika 1.** Uticaj putne infrastrukture na okolinu  
Izvor: (L1)

## 2. UTICAJ PLANERSKIH PRINCIPA U PROJEKTOVANJU PUTEVA NA ŽIVOTNU SREDINU

Primarni cilj prilikom planiranja i projektovanja putne infrastrukture, sa aspekta njenih (negativnih) uticaja na životnu sredinu, pre svega treba da bude pronalaženje balansa između razvoja putne mreže i zaštite životne sredine.

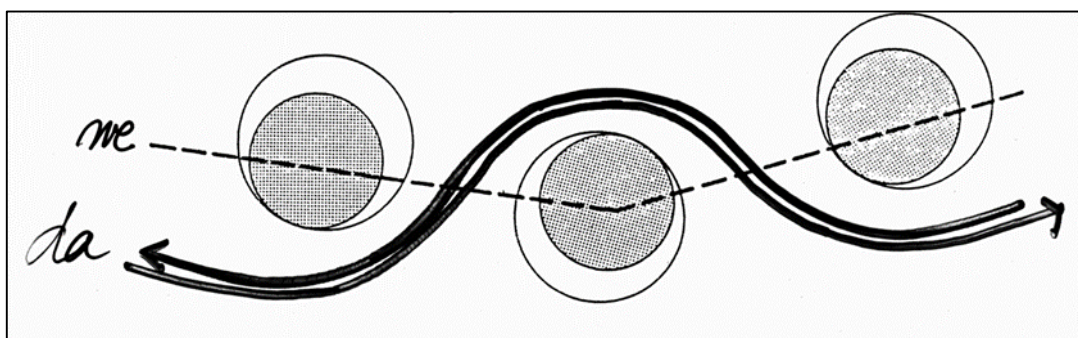
Kada su u pitanju zemlje Evrope, istraživanja su pokazala da se oko 10ha prostora dnevno anagažuje u cilju daljeg razvoja putne infrastrukture (L3) (slika 2).



**Slika 2.** *Angažovanje prostora na teritoriji Evrope za razvoj putnih koridora*  
Izvor: (L3)

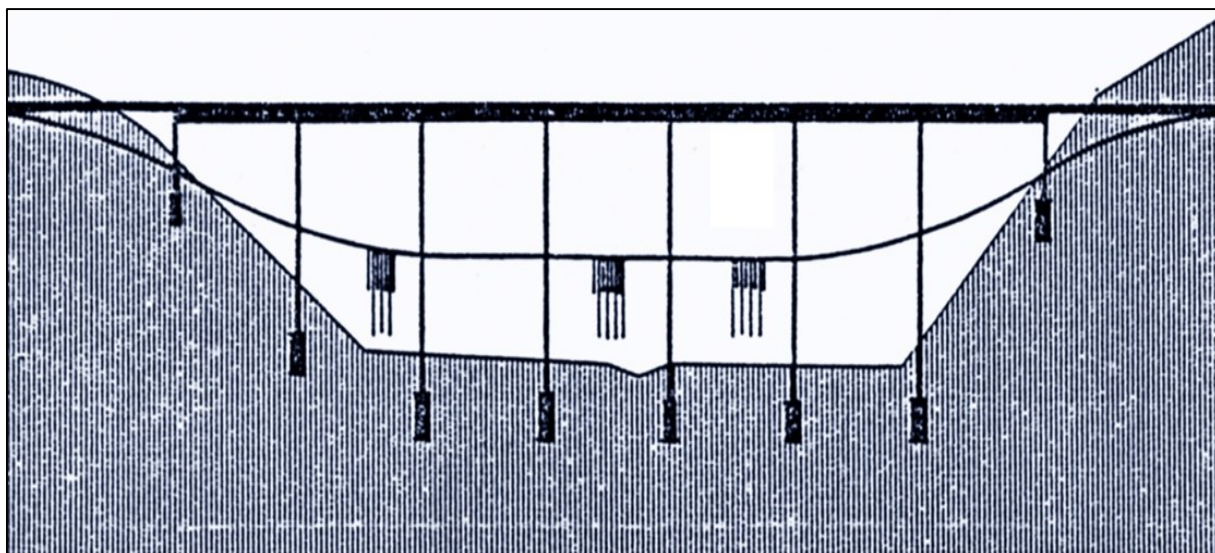
Kada posmatramo sa ekološke tačke gledišta, svaka čovekova intervencija u prostoru ima direktan uticaj na ravnotežu u prirodi. Svaka odluka u tom procesu intervencije stoga mora biti brižljivo osmišljena na način da ne ugrožava prirodno nasleđe ali i da ne pogoršava predispozicije za budući razvoj.

Tako prilikom trasiranja novog putnog koridora treba učiniti inženjerske napore kako ne bi narušili postojeće ambijentalne celine: šumski kompleksi, dragocena poljoprivredna zemljišta (voćnjaci, vinogradi i sl.), prirodni rezervati, izvorišta, lovišta, celine pod zaštitom države i sl. Tako treba da se trudimo, da, gde je god to tehnički izvodljivo, koridor zaobiđe navedene ambijentalne celine (slika 3).



**Slika 3.** *Princip očuvanja ambijentalnih celina*  
Izvor: (L1)

Ono što je naročito značajno, kada se posmatra uticaj na životinjski svet, je svakako izbegavanje pretvaranja puta u veštačku prepreku koja kao takva remeti postojeći mikroklimat. Konkretni i dobro poznati primeri su prolazak trasa preko izraženih dolina. Inženjerski se ovaj problem rešava ili nasipanjem do određene isplanirane visinske kote ili planiranjem objekta na tom delu trase (vijaduktom). Kada se primeni nasip, svakako dolazi do stvaranja veštačke prepreke koja kao takva sprečava prirodna strujanja (slika 4). Dobro isplaniran vijadukt svakako predstavlja inženjerski bolje rešenje (L5).

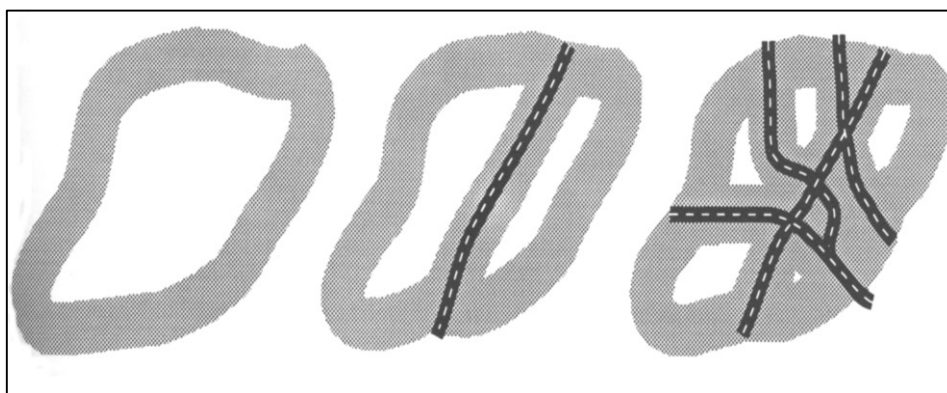


**Slika 4.** Očuvanje ustaljenog mikroklimata  
Izvor: (L5)

### 3. UTICAJI NA ŽIVOTINJSKA STANIŠTA

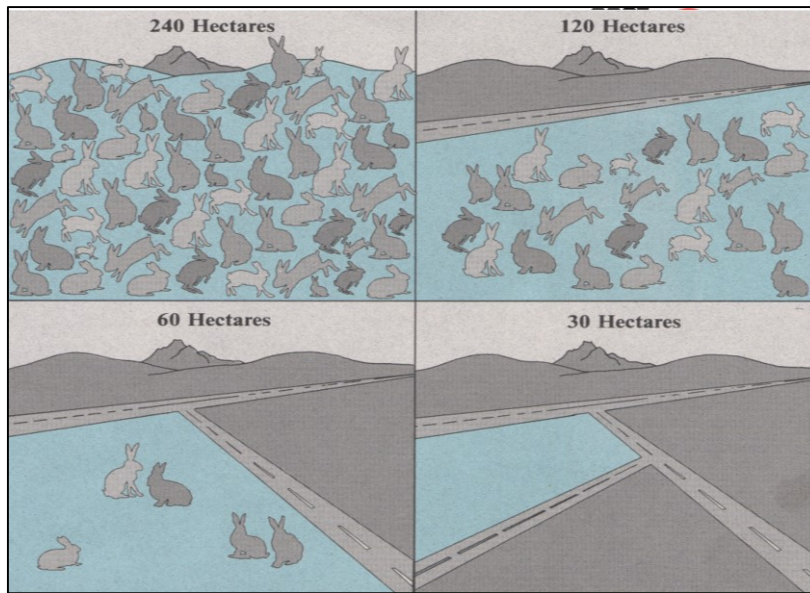
Posledica ubrzanog razvoja putne infrastrukture i angažovanje sve veće i veće površine raspoloživog prostora za ovu namenu, neminovno dolazi do toga do smanjenja i u krajnjoj liniji izumiranja pojedinih životinjskih vrsta (slika 5 i slika 6).

Tako na slici 5 možemo videti kako ubrzani razvoj puteva dovodi do rapidnog smanjenja i u krajnjoj liniji degradacije prirodnih staništa (bela je površina koju i dalje možemo smatrati "netaknutom").



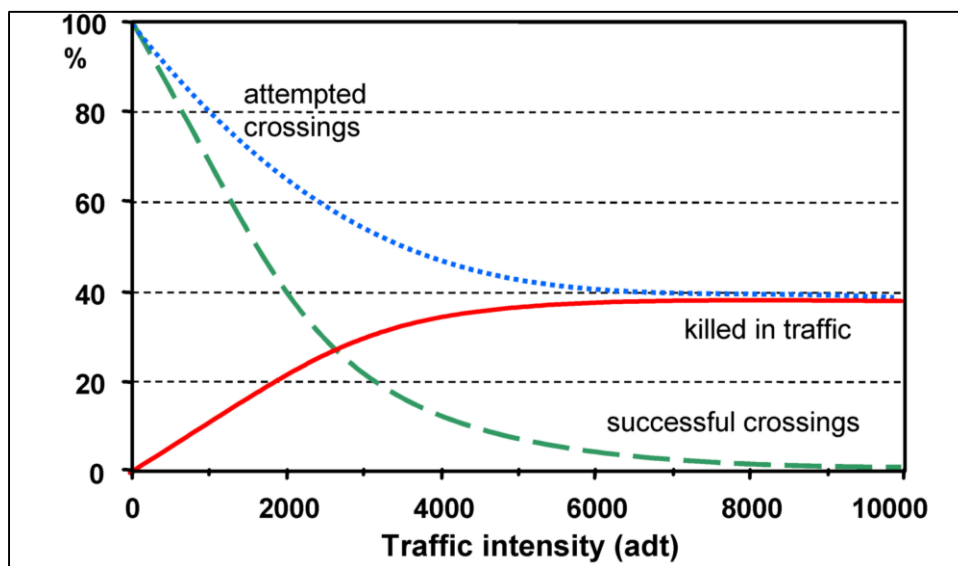
**Slika 5.** Razvoj putne infrastrukture i njen uticaj na prirodna staništa  
Izvor: (L3)

Istraživanja na teritoriji Evropske unije su nažalost pokazala da je razvojem putne infrastrukture oko 5% ptičijih vrsta potpuno nestalo, 25% je u realnoj opasnosti od izumiranja u budućnosti, a 70% se za sada može smatrati zaštićenim. Kada su u pitanju male životinjske vrste koje žive u različitim vodenim izvorštima (npr. žabe), 21% populacije se smatra izumrlim, 58% je u realnoj opasnosti od izumiranja ako se razvoj puteva nastavi ovom dinamikom, a 21% njih se za sada smatra zaštićenim. Tako kao ekstreman možemo smatrati podatak da je oko 80% od ukupne populacije gmizavaca ili nestalo ili je u realnoj opasnosti od potpunog nestajanja, čime bi prirodna ravnoteža bila u značajnoj meri narušena (L3, L4).



**Slika 6.** Ilustrativni prikaz odnosa puta prema životinjskim vrstama  
Izvor: (L3)

Takođe, ne smemo zaboraviti i činjenicu da u značajnom broju evropskih zemalja, usled neadekvatnih ili neprimenjenih konkretnih rešenja (npr. zaštitne ograde, prelazi za životinje i sl.) koja bi konflikt rešila, saobraćajne nezgode sa životinjskim svetom predstavljaju ozbiljnu pretnju bezbednom odvijanju saobraćaja.



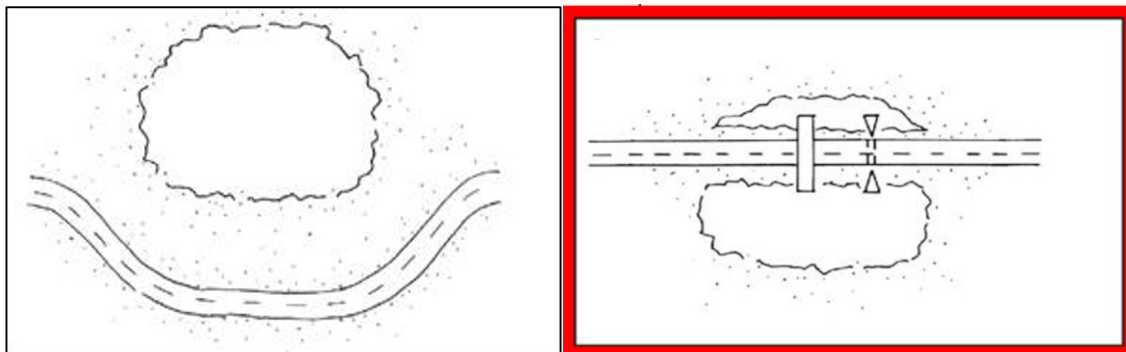
**Slika 7.** Odnos između porasta saobraćaja i upotrebe zaštitnih ograda  
Izvor: (L3)

#### 4. MOGUĆA INŽENJERSKA REŠENJA PROBLEMA

Kako i drugim važnim problemima sa kojima se inženjeri susreću u projektnim biroima, tako i ovom konkretnom problemu treba prići ozbiljno i multidisciplinarno.

Prvi princip bi mogao biti taj da, gde god je to moguće, uložimo napore da planirani putni koridor zaobiđe prirodna staništa čija nam je lokacija unapred poznata (slika 8, levo). Ako to ipak nije tehnički izvodljivo, onda moramo ublažiti efekte narušavanja prirodne ravnoteže planiranjem inženjerskih objekata kojima bi se omogućila komunikacija sa jedne na drugu stranu putnog pravca, unutar ugroženog prirodnog staništa životinja

(slika 8, desno). Takođe, još bolji efekat bi proistekao kada bi, i pored omogućavanja dalje komunikacije unutar staništa, „nadomestili“ deo staništa koje smo izgradnjom puta zauvek uništili.



**Slika 8.** Odnos između puta i staništa životinja kao ambijentalne sredine  
Izvor: (L3)

Koji su to inženjerski objekti koji nam omogućavaju dalju komunikaciju unutar životinjskih staništa? Pre svega, odgovarajući prelazi ili prolazi za male i velike životinje. Brojni su primeri u zemljama Evrope, pa i u našem neposrednom okruženju, izgradnje „zelenih“ mostova za životinje (pored već korišćenih pločastih i cevastih propusta) koji im omogućavaju komunikaciju sa jedne na drugu stranu putnog pravca (slika 9).



**Slika 9.** Inženjerski objekti koji omogućavaju komunikaciju i bezbedno kretanje životinjskih vrsta  
Izvor: (L1)



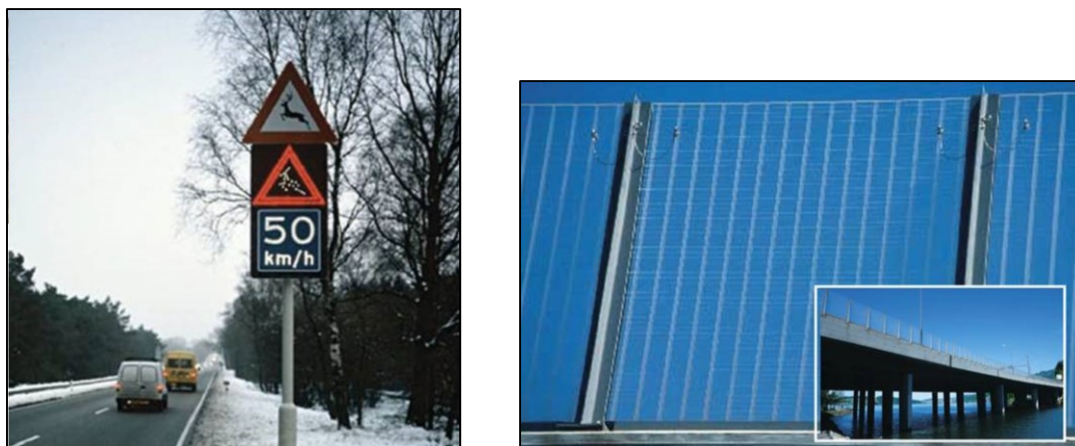
**Slika 10.** Inženjerski objekti koji omogućavaju bezbedno kretanje životinjskih vrsta  
Izvor: (L1)

Posebna pažnja se posvećuje oblikovanju i ozelenjavanju ovih objekata, kako bi oni predstavljali što prirodniji „put“ za svoje krajnje korisnike – životinje. Takođe, zelenilom se svakako jednim delom uspostavlja fizička i likovna ravnoteža unutar ovakvih objekata i podiže kvalitet likovnog prizora ovih putnih konstrukcija (slika 11).



**Slika 11.** Oblikovanje i ozelenjavanje inženjerskih objekata (L3)

Takođe, postavlja se pitanje kako je moguće umanjiti smrtnost životinjskog sveta, koja nastaje kao direktna ili indirektna posledica izgradnje putnih infrastrukturnih koridora. Svakako su tu na prvom mestu različite vrste zaštitnih barijera i ograda, kao i različiti elementi vertikalne i signalne saobraćajne signalizacije.



**Slika 12.** *Upotreba različitih elemenata saobraćajno – tehničke opreme*  
Izvor (L3)

## 5. ZAKLJUČAK

Razvoj svakog infrastrukturnog koridora zahteva njegovo brižljivo planiranje kako budući saobraćaj ne bi prouzrokovao negativne ekološke efekte na životnu sredinu u celini. Na osnovu svega u radu izloženog može se zaključiti da problem uticaja razvoja putne infrastrukture na prirodna staništa životinjskog sveta zahteva pre svega ozbiljan i multidisciplinarni pristup.

Unutar procesa planiranja treba detaljno upoznati sva postojeća prirodna staništa životinja, koja se nalaze u široj zoni planiranih putnih koridora, upoznati se sa svim životinjskim vrstama unutar tih staništa i njihovim svakodnevnim i migracionim navikama. Na taj način projektant, sagledavajući širu sliku, može doneti pravilnu odluku o pružanju trase, o njenom mogućem izmeštaju, kao i o lokaciji inženjerskih objekata koje treba isplanirati u cilju zaštite životinjskog sveta u neposrednom okruženju trase.

Samo ovakav pristup projektovanju uz sveobuhvatnu i detaljnu analizu planerskih postavki može obezbediti komfor i bezbednost svim učesnicima u saobraćaju, uz istovremeno izuzetan pozitivan uticaj na životnu sredinu.

## Literatura

- [1] Anđus V., *Predavanja iz Planiranja i projektovanja puteva 2, Power point prezentacije*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2012.
- [2] Anđus V. *O infrastrukturi uopšte i putevima posebno*, Planiranje i realizacija infrastrukture, zbornik radova, Udruženje urbanista Srbije, Beograd, 2004.
- [3] Trocme M., *Balance between network extension and preservation of nature*, IRF Conference Roads and environment, Geneva, 2007.
- [4] Vinzens M., *Impacts of transportation networks on human habitat and environment*, IRF Conference Roads and environment, Geneva, 2007.
- [5] Katanić J., Anđus V., Maletin M. 1983. *Projektovanje puteva*. IRO „GRAĐEVINSKA KNJIGA” Beograd

# AUTOMOBILI NA ELEKTRO POGON – POTENCIJAL ZA SMANJENJE EMISIJE CO<sub>2</sub>-e U SAOBRAĆAJU

**Radomir Mijailović**

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Srbija, [radomirm@sf.bg.ac.rs](mailto:radomirm@sf.bg.ac.rs)

**Dalibor Pešić**

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Srbija, [d.pesic@sf.bg.ac.rs](mailto:d.pesic@sf.bg.ac.rs)

**Đorđe Petrović<sup>1</sup>**

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Srbija, [dj.petrovic@sf.bg.ac.rs](mailto:dj.petrovic@sf.bg.ac.rs)

**Rezime:** Smanjenje ekološkog opterećenja životne sredine koje potiče od drumskog saobraćaja predstavlja jedan od globalnih ekoloških zadataka. U literaturi je zamena automobila koji koriste konvencionalna goriva sa automobilima na elektro pogon većinom prepoznata kao jedno od mogućih rešenja prethodnog zadatka. Ipak, u literaturi se takođe pojavljuju mišljenja koja prethodno rešenje osporavaju. Iz tog razloga u ovom radu će se uporediti "Well-to-Wheels" emisija CO<sub>2</sub>-e automobila na elektro pogon i emisije CO<sub>2</sub>-e odgovarajućih automobila koji koriste konvencionalna goriva. Posebna pažnja biće posvećena uticaju emisionog faktora proizvodnje električne energije (termo, hidro i nuklearne elektrane) na emisiju CO<sub>2</sub>-e automobila na elektro pogon. Unapređenje tehnologije proizvodnje automobila koji koriste konvencionalna goriva biće uključeno u analizu korišćenjem funkcije zavisnosti emisije CO<sub>2</sub>-e od mase automobila, godine u kojoj je razvijen model automobila i vrste pogonskog goriva (benzin, dizel). Poređenje emisija CO<sub>2</sub>-e biće realizovano za više automobila.

**Ključne reči:** automobili na elektro pogon, automobili na fosilna goriva, ekologija, emisija, CO<sub>2</sub>-e.

## ELECTRIC VEHICLES – POTENTIAL FOR REDUCING CO<sub>2</sub>-e EMISSION IN ROAD TRAFFIC

**Radomir Mijailović**

University of Belgrade – The Faculty of Transport and Traffic engineering, Serbia, [radomirm@sf.bg.ac.rs](mailto:radomirm@sf.bg.ac.rs)

**Dalibor Pešić**

University of Belgrade – The Faculty of Transport and Traffic engineering, Serbia, [d.pesic@sf.bg.ac.rs](mailto:d.pesic@sf.bg.ac.rs)

**Đorđe Petrović**

University of Belgrade – The Faculty of Transport and Traffic engineering, Serbia, [dj.petrovic@sf.bg.ac.rs](mailto:dj.petrovic@sf.bg.ac.rs)

**Abstract:** Reducing the environmental burden produced by road traffic is one of the global ecological tasks. In the literature, one of the possible solutions of the previous task is the replacement of fossil fuel vehicles by electric vehicles. However, the literature also contains opinions that dispute the previous solution. Therefore, in this paper, we will compare "Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emission of electric vehicles and same vehicles powered by fossil fuels. Special emphasis was put on the impact of the emission factor of electricity (thermal, hydro and nuclear power plants) on the CO<sub>2</sub>-e emission of electric vehicles. Improving the production technology of fossil fuel vehicles has been included in the analysis using the dependence of CO<sub>2</sub>-e emission relative to the mass of the vehicle, the model year of the vehicle and the type of fossil fuel (gasoline, diesel). Comparison of CO<sub>2</sub>-e emissions was carried out for several types of passenger vehicles.

**Keywords:** electric vehicles, fossil fuel vehicles, ecology, emission, CO<sub>2</sub>-e.

### 1. UVOD

Smanjenje ekološkog opterećenja životne sredine koje potiče od emisije ugljendioksida (u daljem tekstu CO<sub>2</sub>) predstavlja jedan od globalnih ekoloških ciljeva. S tim u vezi izrađen je veći broj strategija koje za cilj imaju smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Kao primer može se navesti dugoročna strategija država EU koja za cilj ima smanjenje emisije CO<sub>2</sub> za više od 50% do 2050. godine (Kawase et al, 2006). Primena predloženih strategija, globalno, za posledicu ima smanjenje emisije gasova koji imaju efekat staklene bašte, a među kojima dominantan značaj ima CO<sub>2</sub>. Kao primer može se navesti emisija gasova koji imaju efekat staklene bašte, a čiji izvor je saobraćaj. Posmatrajući period od 1996. godine prethodna emisija je rasla do 2007. godine, da bi zatim krenula da opada (Eurostat, 2019a).

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: Đorđe Petrović, [dj.petrovic@sf.bg.ac.rs](mailto:dj.petrovic@sf.bg.ac.rs)



Količina CO<sub>2</sub> koju emituju putnički automobili predstavlja oko 12% ukupne emisije CO<sub>2</sub> Evropske Unije (Eurostat, 2019b). Zahvaljujući prethodnom podatku industrija i nauka veliku pažnju posvećuju pronalaženju rešenja koja bi pozitivno uticala na smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Jedno od rešenja je zamena automobila koji koriste konvencionalna goriva sa automobilima na elektro pogon. Ipak, postoje mišljenja koja prethodno rešenje osporavaju.

U literaturi se osim pojma CO<sub>2</sub> uvodi i pojam ekvivalenta ugljendioksida (u daljem tekstu CO<sub>2</sub>-e). CO<sub>2</sub>-e predstavlja veličinu koja uključuje emisije gasova koji imaju efekat staklene bašte. Uvođenjem veličine CO<sub>2</sub>-e omogućava se zajednička analiza emisije gasova koji utiču na globalno zagrevanje. CO<sub>2</sub> se koristi kao referentna veličina prilikom određivanja CO<sub>2</sub>-e. Veličinu CO<sub>2</sub>-e je u svoju analizu uključio veći broj autora koji se bavio analizom ekološkog opterećenja životne sredine čiji je uzrok saobraćaj (Bauer et al, 2015; Bickert et al, 2015; Helmers et al, 2019; Sharma et al, 2013; Watabe et al, 2019).

Tema istraživanja ovog rada je poređenje "Well-to-Wheels" emisije CO<sub>2</sub>-e automobila na elektro pogon i emisije CO<sub>2</sub>-e odgovarajućih automobila koji koriste konvencionalna goriva. U drugom poglavlju će biti predstavljeni izrazi kojima se određuje emisija CO<sub>2</sub>-e automobila koji koriste konvencionalna goriva i automobila na elektro pogon. Posebna pažnja biće posvećena uticaju emisionog faktora proizvodnje električne energije na emisiju CO<sub>2</sub>-e automobila na elektro pogon. U cilju kvantifikacije smanjenje emisije CO<sub>2</sub>-e primenom automobila na elektro pogon u trećem poglavlju će prethodni izrazi biti primenjeni na realnim automobilima.

## 2. EMISIJA CO<sub>2</sub>-e AUTOMOBILA KOJI KORISTE KONVENCIONALNA GORIVA I AUTOMOBILA NA ELEKTRO POGON

"Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisiju ( $qWtW$ ) čine "Well to Tank" ( $qWtT$ ) i "Tank to Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisija ( $qTtW$ ):

$$qWtW = qWtT + qTtW. \quad (1)$$

"Well-to-Tank" CO<sub>2</sub>-e emisiju obuhvata količinu CO<sub>2</sub>-e koja se emituje tokom proizvodnje i transporta sirovine od koje se dobija gorivo, proizvodnje goriva, njegove distribucije, pa sve neposredno do njegovog sagorevanja. "Tank to Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisija predstavlja količinu CO<sub>2</sub>-e koja se emituje tokom procesa sagorevanja goriva. Pojam goriva će u slučaju automobila koji koriste konvencionalna goriva predstavljati benzin i dizel gorivo, dok će u slučaju automobila na elektro pogon pojam goriva predstavljati električnu energiju.

### 2.1. Emisija CO<sub>2</sub>-e automobila koji koriste konvencionalna goriva

"Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisija automobila koji koriste konvencionalna goriva, korišćenjem izraza (1), izračunava se primenom izraza:

$$qWtW_k = qWtT_k + qTtW_k. \quad (2)$$

gde  $k$  predstavlja veličinu koja zavisi od vrste pogonskog goriva ( $k=B$  – benzin;  $k=D$  za dizel).

"Well to Tank" CO<sub>2</sub>-e emisija automobila koji koriste konvencionalna goriva uzima sledeće vrednosti (Watabe et al, 2019):

$$\begin{aligned} qWtT_B &= 395 \text{ gCO}_2\text{-e/l}, \\ qWtT_D &= 208 \text{ gCO}_2\text{-e/l}. \end{aligned} \quad (3)$$

a primenom funkcije zavisnosti potrošnje goriva od emisije ugljendioksida (Mickunaitis et al, 2007) prethodne veličine uzimaju sledeće vrednosti

$$\begin{aligned} qWtT_B &= 36 \text{ gCO}_2\text{-e/km}, \\ qWtT_D &= 7 \text{ gCO}_2\text{-e/km}. \end{aligned} \quad (4)$$

"Tank to Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisija automobila koji koriste konvencionalna goriva određuje se primenom sledećeg izraza (Mijailović, 2013):

$$qTtW_k = M \cdot w_{1,k} \cdot (T_N - 1994)^{w_{2,k}}, \text{ gCO}_2/\text{km}, \quad (5)$$

gde je

- $T_N$  – godina u kojoj je razvijen model automobila,
- $M$  – masa automobila,
- $w_{1,k}, w_{2,k}$  – koeficijenti koji zavise od pogonskog goriva (Tabela 1).

**Tabela 1. Koeficijenti  $w_{1,k}, w_{2,k}$**

gorivo	k	$w_{1,k}$	$w_{2,k}$
benzin	B	0,194	-0,12
dizel	D	0,157	-0,153

Izvor: (Mijailović, 2013)

Učešće emisije CO<sub>2</sub> je dominantno u ukupnoj emisiji gasova koji imaju efekat staklene bašte. Naime, Helmers et al (2019) u svom istraživanju koje se odnosilo na emisiju ugljendioksida putničkih automobila navode podatak da ukupno učešće emisija CH<sub>4</sub> (metan) i N<sub>2</sub>O (azot oksid) u ukupnoj emisiji gasova koji imaju efekat staklene bašte iznosi 1,7% za automobile sa motorima koji koriste benzin, tj. 1,5% za automobile sa motorima koji koriste dizel gorivo. Rukovođeni prethodnim zaključkom Helmers et al (2019) uvode aproksimaciju da je CO<sub>2</sub>-e emisija jednaka CO<sub>2</sub> emisiji. Prethodna pretpostavka će biti primenjena u daljoj analizi.

Zamenom izraza (5) u izraz (2), kao i korišćenjem pretpostavke da je CO<sub>2</sub>-e emisija jednaka CO<sub>2</sub> emisiji dobija se konačan izraz za izračunavanje "Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisije automobila koji koriste konvencionalna goriva:

$$qWtW_k = qWtT_k + M \cdot w_{1,k} \cdot (T_N - 1994)^{w_{2,k}}, \text{ gCO}_2\text{-e}/\text{km}. \quad (6)$$

## 2.2. Emisija CO<sub>2</sub>-e automobila na elektro pogon

"Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisija automobila na elektro pogon, korišćenjem izraza (1), izračunava se primenom izraza:

$$qWtW_E = qWtT_E + qTtW_E. \quad (7)$$

"Well to Tank" CO<sub>2</sub>-e emisija automobila na elektro pogon jednaka je proizvodu emisionog faktora proizvodnje električne energije ( $CE, \text{ gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ) i potrošnje električne energije automobila ( $qe, \text{ kWh}/\text{km}$ ):

$$qWtT_E = CE \cdot qe, \text{ gCO}_2\text{-e}/\text{km} \quad (8)$$

Emisioni faktor ( $CE$ ) zavisi od načina proizvodnje električne energije (termoelektrane, hidroelektrane, nuklearne elektrane...). Emisioni faktor je u 2006. godini za EU iznosio 430  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  (Varga, 2013). Emisioni faktor tokom vremena menja svoje vrednosti za svaku od država. Kao primer može se navesti Rumunija za koju su emisioni faktori iznosili 471, 547 i 496  $\text{gCO}_2/\text{kWh}$  za 2004., 2006. i 2008. godinu, respektivno (Varga, 2013). Prethodne razlike mogu se objasniti promenom procentualnog učešća svakog od načina proizvodnje električne energije u ukupnoj godišnjoj proizvodnji. Takođe, razlike nastaju i kao posledica promene tehnologije i starosti pogona za proizvodnju električne energije. Emisioni faktor prema Bickert et al (2015) uzima najmanje vrednosti za slučaj proizvodnje električne energije primenom vetrogeneratora (10  $\text{gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ) i hidroelektrana (11  $\text{gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ). Emisioni faktor, prema istom izvoru, u slučaju dobijanja električne energije iz nuklearnih elektrana uzima veće vrednosti (66  $\text{gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ). Maksimalne vrednosti emisioni faktor ima za slučaj proizvodnje električne energije korišćenjem termoelektrana (ugalj – 960  $\text{gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ; lignit – 1237  $\text{gCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ ). Prema EPS (2019) u 2016. godini u Srbiji se oko 70% električne energije proizvelo u termoelektranama, dok se oko 30% električne energije proizvelo u hidroelektranama. Električna energija se u termoelektranama Srbije uglavnom dobija korišćenjem lignita. Korišćenjem prethodnih podataka (Bickert et al, 2015; EPS, 2019) dobija se vrednost emisionog faktora proizvodnje električne energije za Srbiju u 2016. godini:

$$CE = 0,7 \cdot 1237 + 0,3 \cdot 11 = 869 \text{ gCO}_2\text{-e}/\text{kWh}. \quad (9)$$

"Tank to Wheels" emisija ugljendioksida automobila na elektro pogon jednaka nuli (Watabe et al, 2019):

$$qTtW_E = 0. \quad (10)$$

Zamenom izraza (8) i (10) u izraz (7) dobija se končana izraz za izračunavanje "Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisije automobila na elektro pogon:

$$qWtW_E = CE \cdot qe, \quad gCO_2-e/km. \quad (11)$$

### 3. ANALIZA REZULTATA

Potencijal za smanjenje CO<sub>2</sub>-e emisije u saobraćaju primenom automobila na elektro pogon biće određen na primeru automobila Kia Soul EV (KIA Soul EV, 2019) čija potrošnja električne energije iznosi –  $qe=0,147$  kWh/km. Analiza je urađena za vrednost emisionog faktora proizvodnje električne energije –  $CE=869$  gCO<sub>2</sub>-e/kWh. Tokom analize uvedena je pretpostavka da automobil na elektro pogon i odgovarajući automobili koji koriste konvencionalna goriva imaju jednake mase.

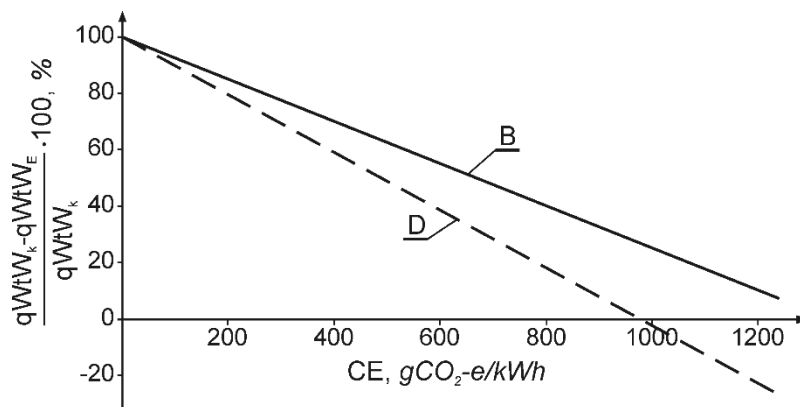
Primenom izraza (6) i (11) izračunate su "Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisije:

$$\begin{aligned} qWtW_B &= 196, \quad gCO_2-e/km, \\ qWtW_D &= 143, \quad gCO_2-e/km, \\ qWtW_E &= 128, \quad gCO_2-e/km. \end{aligned}$$

Korišćenjem prethodnih rezultata dobijamo vrednosti smanjenja CO<sub>2</sub>-e emisije zamenom automobila koji koriste konvencionalna goriva sa automobilima na elektro pogon:

$$\frac{qWtW_B - qWtW_E}{qWtW_B} \cdot 100 = 35\%,$$

$$\frac{qWtW_D - qWtW_E}{qWtW_D} \cdot 100 = 11\%.$$



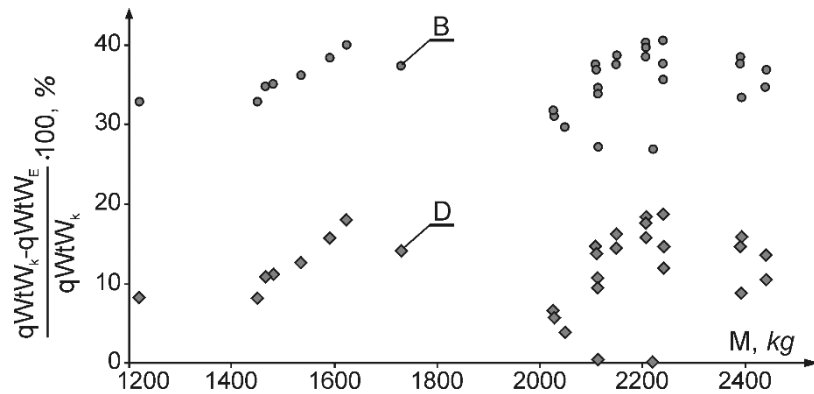
**Slika 1.** Grafik zavisnosti smanjenja CO<sub>2</sub>-e emisije od emisionog faktora proizvodnje električne energije

Prethodni rezultati su dobijeni za Srbiju u kojoj se većina električne energije proizvodi u termoelektranama korišćenjem lignita. Države koje električnu energiju proizvode primenom vetrogeneratora i hidroelektrana imaju manju vrednost emisionog faktora proizvodnje električne energije. Na Slici 1 prikazan je grafik zavisnosti smanjenja CO<sub>2</sub>-e emisije od emisionog faktora proizvodnje električne energije za Kia Soul EV. U slučaju države u kojoj bi se 50% električne energije proizvelo u termoelektranama (lignit), a preostalih 50% električne energije u hidroelektranama, emisioni faktor proizvodnje električne energije bi iznosio 624 gCO<sub>2</sub>-e/kWh. Analizom grafika može se zaključiti da bi se u tom slučaju zamenom automobila koji koriste benzin sa automobilom na elektro pogon ostvarilo smanjenje CO<sub>2</sub>-e emisije od 53%. U slučaju automobila koji koriste dizel gorivo smanjenje bi iznosilo 36%.

Ukoliko bi se električna energija proizvodila isključivo korišćenjem hidroelektrana smanjenje bi iznosilo 99%. U slučaju kada bi se električna energija proizvodila isključivo korišćenjem nuklearnih elektrana zamenom

automobila koji koriste benzin sa automobilom na elektro pogon ostvarilo bi se smanjenje CO<sub>2</sub>-e emisije od 95%, dok bi u slučaju automobila koji koriste dizel gorivo smanjenje iznosilo 93%.

Analizom grafika (Slika 1) može se zaključiti da je u cilju smanjenja CO<sub>2</sub>-e ekološki neprihvatljiva zamena automobila koji koriste dizel gorivo automobilima na elektro pogon u slučaju kada je emisioni faktor proizvodnje električne energije veći od 975 gCO<sub>2</sub>-e/kWh. Naime, ukoliko bi se električna energija proizvodila samo u termoelektranama korišćenjem lignita tada bi se zamenom automobila koji koriste dizel gorivo sa automobilom na elektro pogon ostvarilo povećanje CO<sub>2</sub>-e emisije u iznosu od 27%. U prethodnom slučaju bi automobili koji koriste benzin ostvarivali manju CO<sub>2</sub>-e emisiju za 7% u poređenju sa automobilima na elektro pogon.



Slika 2. Grafik zavisnosti smanjenja CO<sub>2</sub>-e emisije od mase automobila

Izrazi (6) i (11) su takođe primenjeni na uzorku od 30 automobila na elektro pogon (KIA Soul EV, 2019; The BMW i3, 2019; Jung et al, 2018; Hoofman et al, 2018). Analiza je urađena za vrednost emisionog faktora proizvodnje električne energije –  $CE=869 \text{ gCO}_2\text{-e/kWh}$ . Analizom rezultata (Slika 2) može se zaključiti da bez obzira na vrednost mase automobila pozitivniji ekološki efekat se dobija zamenom automobila koji koriste benzin sa automobilom na elektro pogon. Naime, smanjenje CO<sub>2</sub>-e emisije u slučaju analiziranog uzorka se nalazi u rasponu od 27 do 41%. Manje vrednosti smanjenja CO<sub>2</sub>-e emisije dobijaju se zamenom automobila koji koriste dizel gorivo sa odgovarajućim automobilom na elektro pogon (0 do 19%). Interesantno je primetiti da u pojedinom slučajevima praktično ne postoji ekološka opravdanost zamene automobila koji koriste dizel gorivo sa odgovarajućim automobilom na elektro pogon. To se može objasniti rezultatima prema kojima smanjenja CO<sub>2</sub>-e emisije u pojedinim slučajevima zamene automobila koji koriste dizel gorivo sa odgovarajućim automobilom na elektro pogon su približno jednaka nuli.

#### 4. ZAKLJUČAK

Emisija CO<sub>2</sub>-e predstavlja jedan od globalnih ekoloških problema. U rešavanju ovog problema posebno mesto zauzima saobraćaj, konkretno, emisija koju proizvode putnički automobili. Kao jedno do mogućih rešenja izdvaja se zamena automobila koji koriste konvencionalna goriva sa automobilima na elektro pogon. S tim u vezi, cilj ovog rada bio je ispitati kolika stopa smanjenja emisije CO<sub>2</sub>-e se postiže zamenom automobila koji koriste konvencionalna goriva sa automobilima na elektro pogon.

Poređenjem "Well-to-Wheels" CO<sub>2</sub>-e emisije za automobile koji koriste konvencionalna goriva i automobile na elektro pogon utvrđeno je da smanjenje emisije CO<sub>2</sub>-e zavisi pre svega od emisionog faktora proizvodnje električne energije. Naime, što je ovaj emisioni faktor manji to je i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>-e veće. To praktično znači da što je veći udeo obnovljivih izvora energije (vetrogenerator, hidroelektrana) u proizvodnji električne energije to se postiže i veće smanjenje CO<sub>2</sub>-e emisije. Na osnovu procenjenog trenutnog emisionog faktora, za slučaj u ovom radu analiziranog automobila, na području Srbije predloženom zamenom automobila može se očekivati smanjenje emisije oko 35% prilikom zamene automobila na benzinski pogon i oko 11% prilikom zamene automobila na dizel pogon odgovarajućim vozilima na elektro pogon. U radu je dokazano da se pozitivniji ekološki efekat ostvaruje zamenom automobila koji koriste benzin sa automobilom na elektro pogon u poređenju sa zamenom automobila koji koriste dizel gorivo sa automobilom na elektro pogon. Takođe, dokazano je da u pojedinim slučajevima praktično ne postoji ekološka opravdanost zamene automobila koji koriste dizel gorivo sa odgovarajućim automobilom na elektro pogon.

S obzirom da povećanje udela obnovljivih izvora energije predstavlja veoma skup i složen proces, u budućim istraživanjima je potrebno istražiti i druge uticaje koje donosi uvođenje automobila na elektro pogon. U budućim istraživanjima, potrebno je razmotriti uticaj automobila na kvalitet vazduha u urbanim područjima, starost voznog parka, bezbednost saobraćaja, mobilnost stanovništva, spremnost na korišćenje car sharing usluga itd.

## Zahvale

Istraživanje je urađeno uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Grant No. 36010, TR 36022, TR 36027).

## Literatura

- [1] Bauer, C.; Hofer, J.; Althaus, H.J.; Del Duce, A., Simons A. 2015. The environmental performance of current and future passenger vehicles: Life cycle assessment based on a novel scenario analysis framework, *Applied Energy*, 157, pp. 871–883
- [2] Bickert, S.; Kampker, A.; Greger, D. 2015. Developments of CO<sub>2</sub>-emissions and costs for small electric and combustion engine vehicles in Germany, *Transportation Research Part D*, 36, pp. 138–151
- [3] The BMW i3, (2019). dostupno na: [https://www.bmw.no/content/dam/bmw/marketNO/bmw\\_no/brosjyre/i3%20PSL%20EAL\\_web.pdf](https://www.bmw.no/content/dam/bmw/marketNO/bmw_no/brosjyre/i3%20PSL%20EAL_web.pdf) (25.06.2019.)
- [4] Casals, L.C.; Martinez-Laserna, E.; García B.A. 2016. Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO<sub>2</sub>, *Journal of Cleaner Production*, 127, pp. 425-437
- [5] Elektroprivreda Srbije, (2019). dostupno na: <http://eps.rs/poslovanje-ee> (01.05.2019)
- [6] Eurostat, (2019a). dostupno na: <https://ec.europa.eu/clima/policies/transport> (01.05.2019)
- [7] Eurostat, (2019b). dostupno na: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en) (01.05.2019)
- [8] Jochem, P.; Babrowski, S.; Fichtner W. 2015. Assessing CO<sub>2</sub> emissions of electric vehicles in Germany in 2030, *Transportation Research Part A*, 78, pp. 68–83
- [9] Jung, H.; Silva, R.; Han, M. 2018. Scaling Trends of Electric Vehicle Performance: Driving Range, Fuel Economy, Peak Power Output, and Temperature Effect, *World Electric Vehicle Journal*, 9, 46, p14
- [10] Helmers, E.; Leitao, J.; Tietge, U.; Butler T. 2019. CO<sub>2</sub>-equivalent emissions from European passenger vehicles in the years 1995–2015 based on real-world use: Assessing the climate benefit of the European "diesel boom", *Atmospheric Environment*, 198, pp. 122–132
- [11] Hooftman, N.; Messagie, M.; Joint, F.; Segard, J.B.; Coosemans, T 2018. In-Life Range Modularity for Electric Vehicles: The Environmental Impact of a Range-Extender Trailer System, *Applied Sciences*, 8, 1016, p. 19
- [12] Kaplanović, S.; Mijailović, R. 2012. The internalisation of external costs of CO<sub>2</sub> and pollutant emissions from passenger cars, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol 18, No 3, pp. 470-486
- [13] Kawase, R.; Matsuoka, Y.; Fujino, J. 2006. Decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emission in long-term climate stabilization scenarios, *Energy Policy*, 34, pp. 2113–2122
- [14] KIA Soul EV, (2019). dostupno na: [https://www.kia.rs/soul\\_ev/specifikacije](https://www.kia.rs/soul_ev/specifikacije) (25.06.2019.)
- [15] Mickunaitis, V.; Pikunas, A.; Mackoitis, I. 2007. Reducing fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission in motor cars, *Transport*, Vol. XXII, No. 3, pp. 160–163
- [16] Mijailović, R. 2013. The optimal lifetime of passenger cars based on minimization of CO<sub>2</sub> emission, *Energy*, Vol. 55, pp. 869-878
- [17] Sharma, R.; Manzie, C.; Bessede, M.; Crawford, R.H.; Brear, M.J. 2013. Conventional, hybrid and electric vehicles for Australian driving conditions. Part 2: Life cycle CO<sub>2</sub>-e emissions, *Transportation Research Part C*, 28, pp. 63–73
- [18] Varga, B.O. 2013. Electric vehicles, primary energy sources and CO<sub>2</sub> emissions: Romanian case study, *Energy*, 49, pp. 61-70
- [19] Watabe, A.; Leaverb, J.; Ishidac, H.; Shafiei, E. 2019. Impact of low emissions vehicles on reducing greenhouse gas emissions in Japan, *Energy Policy*, 130, pp. 227–242

## АНАЛИЗА УТИЦАЈА ОГРАНИЧЕЊА БРЗИНА НА ВАНГРАДСКИМ ПУТЕВИМА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Драгана Божић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Саобраћајни факултет, Београд, [bdragana95@gmail.com](mailto:bdragana95@gmail.com)

Владан Тубић<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Саобраћајни факултет, Београд, [vladan@sf.bg.ac.rs](mailto:vladan@sf.bg.ac.rs)

**Резиме:** Брзина утиче на време путовања, трошкове превоза, загађење ваздуха, буку, избор вида превоза, ризик и последице од саобраћајних незгода, квалитет живота, здравље и др. Ограничење брзине је један од најважнијих фактора који доприноси позитивним и негативним последицама које проузрокује систем управљања саобраћајем. На местима где је настала непланирана хаотична урбанизација дуж пута, односно где су формирана насеља без спроведене контроле приступа, као и без стратегије изградње обилазница, јављају се проблеми везани за ефикасност и безбедност саобраћаја. Са основним циљем решавања проблема безбедности саобраћаја вишедеценијска пракса је била да се лимитирањем брзина овај проблем реши. Међутим, на местима где се догодила непланирана хаотична урбанизација, пут је пројектован за брзину од 80 km/h, а брзина је лимитирана на 40-50-60 km/h. С обзиром на чињеницу да су трошковни, еколошки и оптимуми ефикасности у распону брзина од 80 до 90 km/h, мера смањења дозвољене брзине је проузроковала снижавање експлоатационе брзине у саобраћајном току. Евидентне негативне последице су повећање трошкова експлоатације, временских губитака са значајним еколошким последицама. У овом раду ће бити приказани резултати спроведеног истраживања негативних ефеката промене ограничења брзине на еколошке последице на изабраним деоницама путне мреже.

**Кључне речи:** ограничење брзине, пут, саобраћајни ток, еколошке последице

## ANALYSIS OF SPEED LIMIT IMPACT ON ENVIRONMENT ON NON URBAN ROADS

**Abstract:** Speed affects travel time, transportation costs, air pollution, noise, choice of transport mode, risk and consequences of traffic accidents, quality of life, health, etc. Speed limit is one of the most important factors contributing to the positive and negative consequences of a traffic management system. In places where unplanned chaotic urbanization along the road occurred, or where settlements were formed without access control, as well as without a bypass strategy, there are problems related to traffic efficiency and safety. With the primary goal of addressing traffic safety, it has been a decades-long practice to solve this problem by limiting speed. However, in places where unplanned chaotic urbanization occurred, the road was designed for a speed of 80 km / h and speed was limited to 40-50-60 km / h. Due to the fact that cost, environmental and efficiency optimums are in the 80 to 90 km / h speed range, the measure of reduction of the allowed speed caused a decrease in the operating speed in the traffic flow. The evident negative consequences are an increase in the cost of exploitation, time losses with significant environmental consequences. This paper will present the results of the conducted research into the negative effects of changing the speed limit on environmental impacts on selected sections of the road network.

**Keywords:** speed limit, road, traffic flow, environmental consequences

---

<sup>1</sup> Драгана Божић: [bdragana95@gmail.com](mailto:bdragana95@gmail.com)

## 1. УВОД

Брзина, али и возила као узрочници тих брзина, утичу на ефикасност у саобраћајном току, безбедност учесника у саобраћају и на животну средину. Услед тога је управљање брзинама од вишеструког значаја и оно треба пре свега да обезбеди ефикасне (већи проток, мање време путовања...) и економичне услове у саобраћајном току (потрошњу горива, емисија издувних гасова, буку, климу...) као и превентивну заштиту људских живота као највећег блага, а потом и материјалних средстава.

Када се говори о утицају брзине на безбедност саобраћаја, опште је позната чињеница да је велика брзина идентификована као кључни фактор који утиче на ризик од саобраћајне незгоде, као и на озбиљност повреда које су резултат саобраћајних незгода. Значајан утицај на ризик од настанка саобраћајне незгоде имају и: ограничење брзине, просечна брзина возила, проценат возила чија је брзина већа од ограничене, проценат спорих возила и дисперзија брзина.

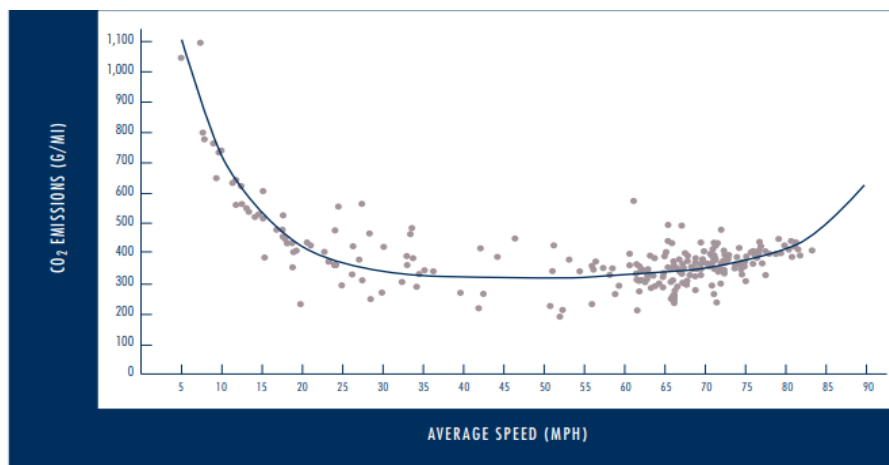
Вишедеценијска пракса решавања проблема везаних за последице саобраћајних незгода које може произвести висока брзина, сведено је на смањење ограничених брзина. Међутим, ова мера је допринела негативним последицама у погледу трошкова експлоатације, временских губитака, нивоа услуге, капацитета саобраћајнице, а са друге стране допринела је и настанку негативних еколошких последица.

Са аспекта утицаја брзине на животну средину (екологију) значајан је њен утицај на:

- ниво емисије изувних гасова;
- ниво саобраћајне буке;
- потрошњу горива и
- квалитет живота људи који живе или раде близу пута.

Велика дисперзија брзина и ниже брзине доводе до високог нивоа емисије издувних гасова возила која представља директну опасност по људско здравље. Здравствене последице које се везују за емисију издувних гасова, укључују погоршане респираторне симптоме и увећану смртност од последица рака, која се веже за излагање полицикличним угљохидратима и другим канцерогеним материјама које су последица непотпуног сагоревања. Емисија настала од бензина и дизел горива садржи канцерогене материје у форми честица или у гасовитој форми и многе појединачне органске материје, за које се зна или претпоставља да имају канцерогени или неуротоксични ефекат на људе. Сваки утрошени литар фосилног горива сагоревањем произведе приближно 100 g угљен-моноксида, 20g испарљивих органских једињења, 30 g азотних оксида, 2,5 g угљен-диоксида и многих других штетних и отровних материја као што су једињења олова, сумпора и чврсте честице. Еколошка штета по околину изазвана емисијом издувних гасова возила, везана је пре свега за видљиве ефекте по људско здравље, затим за материјалне штете, па до дубљих регионалних економских штета. Као последња карика у ланцу еколошких оштећења од стране емисије моторних возила је изазивање еколошких проблема, као што је ефекат стаклене баште.

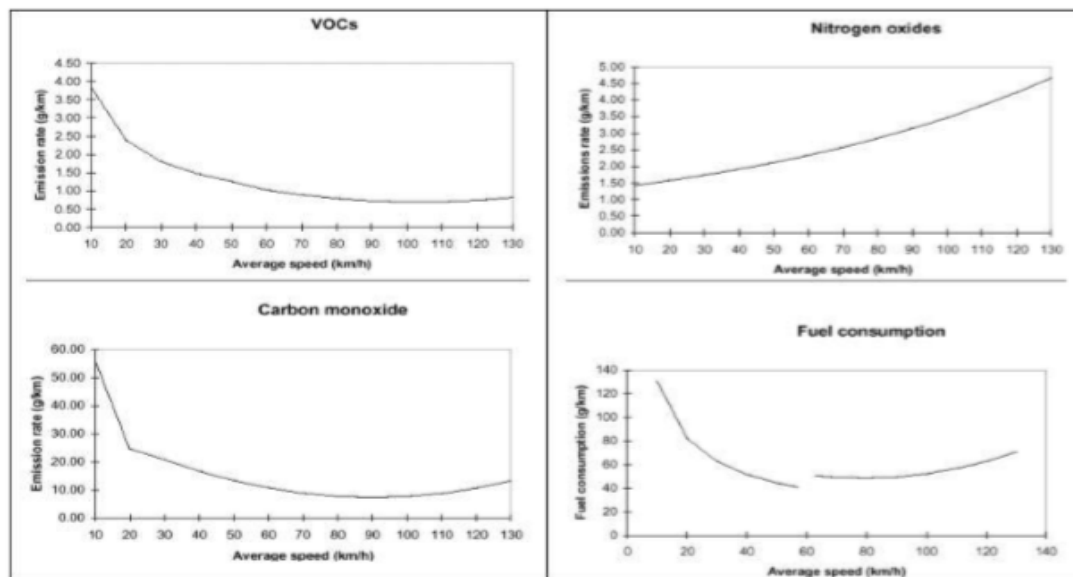
На следећој слици је приказана емисија CO<sub>2</sub> у функцији просечне брзине.



Слика 1: Емисија CO<sub>2</sub> у функцији просечне брзине путовања [1]

Ова крива представља основу за повезивање брзине и емисије CO<sub>2</sub>. За различите типове возила, коловоза и загушења могу се успоставити различите криве емисија-брзина. Са слике 1 може се видети да је стопа емисије по миљи највећа при малим просечним брзинама што је карактеристично за такозвану “стани – крени” вожњу (када мотор возила ради али возило прелази врло мала растојања тада стопа емисије по миљи тежи бесконачности). Насупрот овоме, када брзина возила знатно расте долази до већег оптерећења мотора самим тим до веће потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub>. Као генерални закључак крива емисија – брзина има параболски облик, са високим стопама емисије на крајевима и малом стопом емисије при умереним брзинама између 40 (65 km/h) и 60 mph (95 km/h).

На следећој слици приказане су типичне емисије издувних гасова и потрошње горива у функцији просечне брзине.



Слика 2. Типичне стопе емисије за испарљива органска једињења (угљоводоници – HC), угљен моноксид, оксиди азота и потрошња горива у функцији просечне брзине за путничка возила у складу са ECE 1504 прописима (Eggleston et al., 1992).

Емисије испарљивих органских једињења (VOCs or HCs) и угљен моноксида (CO<sub>2</sub>) генерално се смањују како се просечна брзина повећава, а затим повећава након достизања брзине од 100 km/h. Емисије азотних оксида расту више него пропорционално са просечном брзином. Однос између потрошње горива и просечне брзине нешто је сложенији. Са повећањем просечне брзине потрошња горива се смањује, све



до достизања просечне брине од 60 до 80 km/h где потрошња горива достиже минимум, након чега се бележи константно повећање потрошње горива у функцији просечне брзине.

Samaras and Ntziachristos (1998, cited in André and Hammarström, 2000) су утврдили да је потрошња горива за европска возила од 1993. до 1996. године од 1,4 до 2,0 литара (са катализатором у три смера) постигла минималну потрошњу горива при брзини од 80 km/h. Међутим, Joumard et al. (1999, cited in André and Hammarström, 2000) утврдили су да производња CO<sub>2</sub> (која је обично пропорционална потрошњи горива) наставља да опада са све већом брзином.

Док слика 1 и 2 сумирају односе између просечне брзине и емисије и потрошње горива, ситуација се компликује чињеницом да свака промена брзине захтева убрзање (или успорење). Током убрзања, однос горива и ваздуха је већи од оптималног. Ово резултира великим повећањем емисија CO<sub>2</sub> и HC, као и повећаном потрошњом горива. Карактеристике убрзања возила значајно доприносе стварним емисијама и потрошњи горива. Интензивно убрзање, које карактерише агресивна возња, резултира већим повећањем потрошње горива и емисија. Ако многи возачи који прелазе ограничење брзине такође убрзавају, они не користе само више горива због своје велике брзине, већ додатно повећавају своју потрошњу горива и емисију штетних гасова по узору на убрзање и успоравање.

Такође, појединачно возило са својим компонентама (мотор, трансмисија, издувни систем, интеракција пнеуматика и коловоза, турбуленција ваздуха, вибрација тела и терета) има значаја утицај на нарушавање еколошког склада кроз изазивање саобраћајне буке. На нижим брзинама (обично мањим од 60 km/h), бука мотора и издувних гасова има тенденцију да је доминантна. Бука пнеуматика је компонента буке возила која се значајно повећава брзином. Истраживања показују да се при брзинама између 30 и 50 km/h бука пнеуматика аутомобила повећава до нивоа који доминира укупном буком возила. За камионе ова "прелазна" тачка се јавља између 40 и 80 km/h.

Стил возње има значајан утицај на буку повезану са убрзањем и кочењем. Израчунато је да нагло убрзање од 50 km/h (31 mph) од стране возача путничког аутомобила може повећати буку за скоро 3 dB. Истраживања су показала да је убрзање значајније од кочења и његова важност је већа при нижим брзинама. За путничко возило, просечно убрзање при 30 km/h може повећати буку за 2 dB. При брзинама између 50 – 60 km/h убрзање може повећати буку за 1 – 1.5 dB. Истраживање спроведено у Холандији је показало да средња убрзања од 20 km/h до 50 km/h чине 10% буке у саобраћају, док је убрзање са семафора износило 5%. Преполовљење стопе убрзања од 2 m/s<sup>2</sup> на 1 m/s<sup>2</sup> смањује буку за око 3 dB када аутомобил путује брзином од 50 km/h.

На основу свега изложеног, увиђа се да је потребан приступ који укључује инжењерско размишљање, образовање, и принуду, како би се омогућило безбедно и ефикасно одвијање саобраћаја, без значајних последица по животну средину.

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА

Циљ спроведеног истраживања је да се дуж деоница ванградских двотрачних долињских путева на основу извршеног теренског истраживања утврди законитост промене потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub> у зависности од брзине.

У фокусу овог рада су деонице Матарушка Бања – Ушће, Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковица) и Мали Зворник – Грачаница, које припадају путним правцима, односно државним путевима IB 22, IB 23 и IB 28.

Како би се утврдила експлоатациома брзина по Линеарном моделу, развијеном на Саобраћајном факултету (Кузовић. 2000), односно како би се утврдила зависност промене потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub> у функцији брзине, неопходно је било прикупити одређене податке који би омогућили добијање потребних резултата. Прво је приступљено прикупљању података о просечном годишњем дневном саобраћају (ПГДС) и меродавним часовним протоцима на основу података са АБС-а. За базну годину у оквиру истраживања узета је 2016. година, с обзиром на чињеницу да је промена брзина по годинама јако ниска, због чега је меродавно анализирати последњу доступну годину. Затим је приступљено утврђивању техничко – експлоатационих карактеристика деоница (ширина коловоза, ширина саобраћајне траке, број саобраћајних трака, ивичних трака, ширина банке, минимални радијус хоризонталне кривине, максимални и просечни уздужни профил), на основу актуелне Базе података о државним путевима. Остали утицајни параметри који улазе у прорачун експлоатационих брзина (процент дужине деонице на

којој је дозвољено претицање и број приступних тачака) утврђени су емпиријским истраживањима на терену.

На крају, како би се добио јаснији увид у промене брзине у простору и времену, односно дуж одабраних деоница, а и како би се утврдила потрошња горива при различитим брзинама, извршена су мерења брзина у реалним условима, уз помоћ апликације на андроид телефону. Истраживање је вршено методом покретног осматрача, односно возило осматрач се кретало у саобраћајном току опонашајући меродавно возило. Са основним циљем добијања реалних података, вођено је рачуна да се возило којим је вршено снимање укључи у саобраћајни ток 300 метара пре наилазак на зону снимања и самим тим достигне реалну брзину на почетку зоне. Како би се створио јаснији увид у ситуацију, пре спровођења истраживања извршена је анализа података са АБС-а како би се утврдили меродавни дани и сати за спровођење истраживања. Дакле, истраживање је спроведено током меродавних дана, сати односно при меродавним саобраћајним оптерећењима, два пута у оба смера. Такође, пошто се апликација базира на ГПС систему, истраживање је спроведено по сунчаним данима, с обзиром на чињеницу да лоши временски услови могу утицати на рад и прецизност рада ГПС система. Спроведено теренско истраживање је поред утврђивања средње просторне брзине омогућило и долажење до података о ограничењима брзине дуж деонице.

Након прикупљених података о брзинама приступљено је утврђивању потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub> дуж анализираних деоница, на основу модела који у зависности од потрошње горива прорачунава емисију CO<sub>2</sub>. Анализе су спроведене за претпостављену брзину од 80 km/h, утврђену средњу просторну брзину, средњу експлоатациону брзину по моделу, као и у зависности од промене ограничења брзине дуж анализираних деоница.

У последњем кораку, након извршеног прикупљања и анализе података, приступљено је синтезној анализи података.

### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

#### 3.1. Резултати анализе брзина

У табели 1. је приказано прекорачење брзине и разлика између слободне брзине прорачунате по поступку HCM<sub>2000</sub> и ограничене брзине у зонама АБС-а (1 km пре и после). Из табеле 1 се види да на првој деоници у зони аутоматског бројача (1059) ограничена брзина износи 50 km/h у оба смера, а прорачуном је утврђена разлика између слободне и ограничене брзине од 36 km/h. Добијени резултати указују на то да путни и саобраћајни услови који владају на деоници дозвољавају да се возила крећу већим брзинама од дозвољених, што потврђује податак да 70,29%, возача не поштује прописано ограничење брзине, при чему је доминантна класа возача која вози брзинама које су преко 10 km/h веће од дозвољене (55,01%). На следећој анализираној деоници, у оквиру зоне аутоматског бројача саобраћаја 1040 забележен је проценат прекорачења (84,13%) ограничене брзине од 60 km/h, при чему је уравнотежена прерасподела прекорачења по класама, а разлика између слободне и ограничене брзине износи 26 km/h. Резултати спроведене анализе указују да ограничена брзина не прати техничко – експлоатационе карактеристике пута, па возачи самовољно, или под утицајем других учесника у саобраћајном току одлучују да возе брзинама већим од ограничене. У зони АБС-а 1152, постављеног на деоници Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковица), забележена је разлика између слободне и ограничене брзине од 17 km/h, а из табеле се види да највећи број возача од укупног процента возача који не поштују ограничење (55%), прекорачује брзину до 10 km/h (68,14%). Група возача која прекорачује ограничење до 10 km/h спаде у групу на коју је могуће утицати одређеним мерама принуде, тако да треба радити на примени мера (пре свега полицијске контроле), како би ова група почела да поштује постојећа ограничења. На деоници Паковраће (Марковица) – Кратовска Стена, у зони АБС-а 1202, разлика између

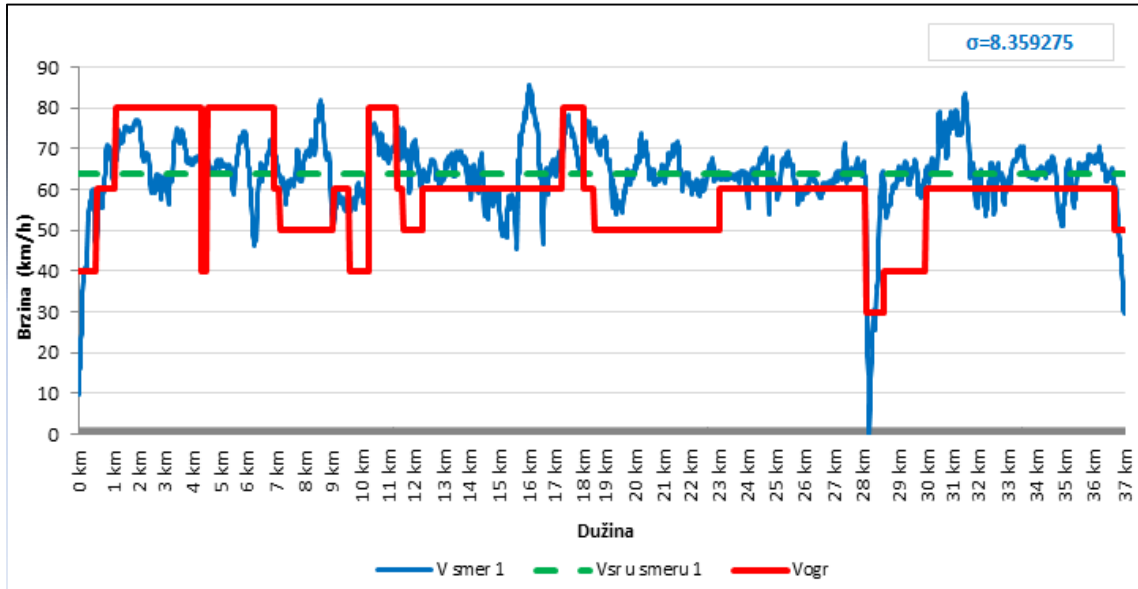
слободне и ограничене брзине износи 3 km/h, а проценат возача који не поштују ограничење износи 17,56% што је знатно мање него на претходним анализираним деоницама. У зонама последња два анализирана АБС-а, добијена је негативна разлика између слободне и ограничене брзине, али и поред ове чињенице и даље постоје возачи који не поштују прописано ограничење брзине од 80 km/h, а међу њима је највише оних који возе брзинама које су до 10 km/h веће од ограничених.

Добијени резултати су показали да већи проценат возача не поштује постављено ограничење брзине на деоницама на којима је разлика између слободне и ограничене брзине већа.

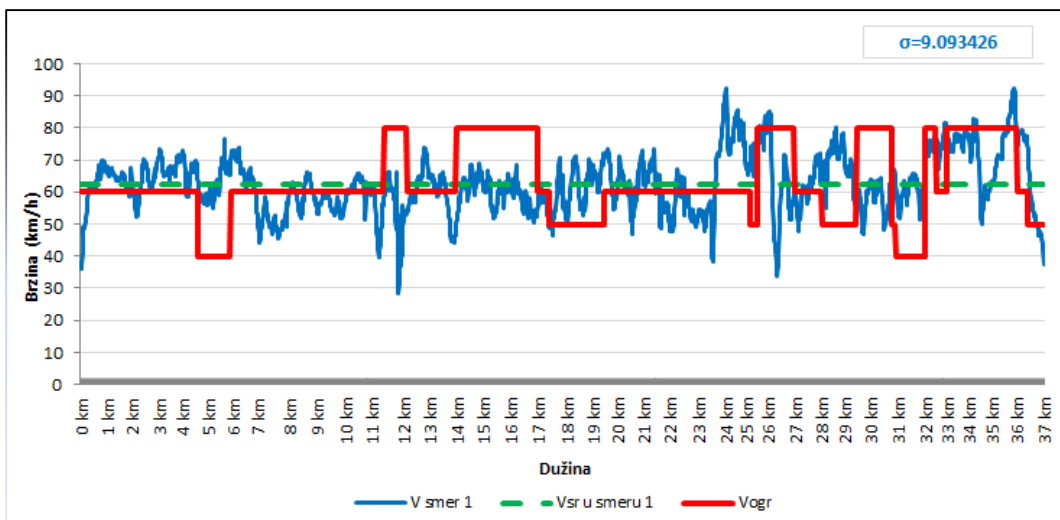
**Табела 1.** Упоредна анализа између прекорачења ограничене брзине и разлике између слободне брзине добијене по поступку HCM 2000 и ограничене брзине, у зонама АБС-а

ИД (АБС)	Vogr	$\Delta(Vsl_{HCM} - Vogr)$ (km/h)	Прекорачење (%)				
			Поштује	Прекорачује	0-10 (km/h)	10-20 (km/h)	>20 (km/h)
1059 (Конарево)	50	36	29,71	70,29	55,01	32,12	12,68
1040 (Ушће)	60	26	18,97	81,03	32,67	30,81	36,52
1152 (Придворица)	60	17	45,00	55,00	68,14	19,98	11,88
1202 (Међувршје)	80	3	82,44	17,56	65,27	23,40	11,33
1239 (Узовница)	80	-6	71,03	28,97	56,97	27,03	15,99
1240 (Лоњин)	80	-4	77,50	22,50	60,31	25,64	14,05

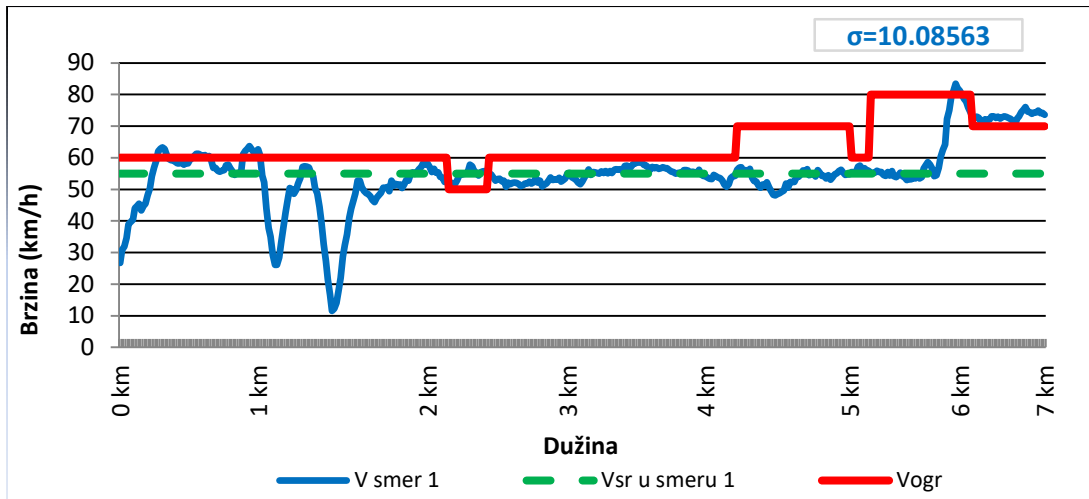
Са основним циљем утврђивања средње просторне брзине за целу деоницу, процента дужине деонице на ком возачи не поштују ограничену брзину, ограничених брзина дуж деонице и потрошње горива при различитим ограничењима спроведене су просторне анализе. Просторне анализе су спроведене за сваку деоницу по два пута, по смеровима, са циљем добијања поузданијих резултата. Као пример претходно наведених анализа графички су приказани резултати истраживања на деоницама Матарушка Бања – Ушће, Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковица) и Мали Зворник – Грачаница.



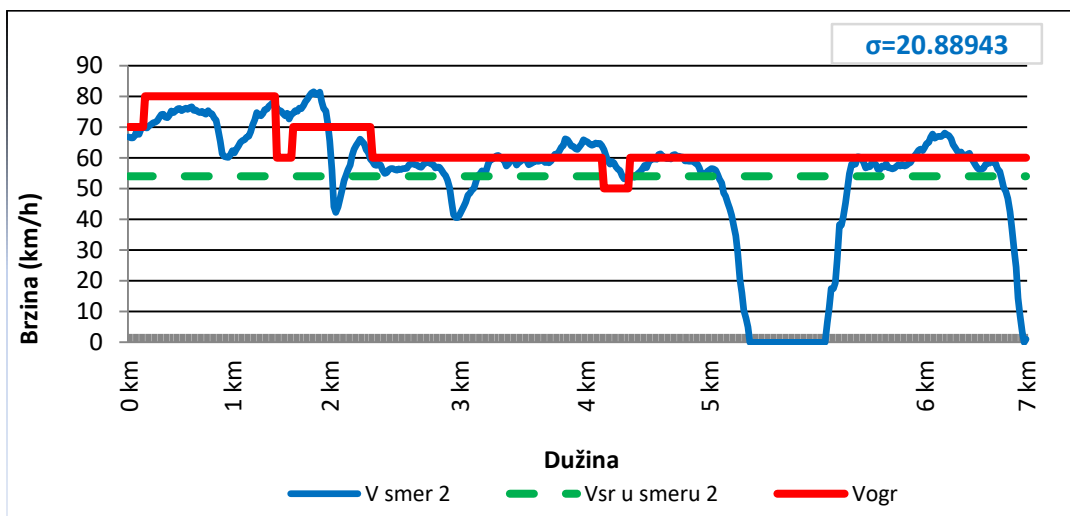
Дијаграм 1. Профил брзине на деоници Матарушка Бања – Ушће у смеру 1 (20.4.2019. год. у 12:49)



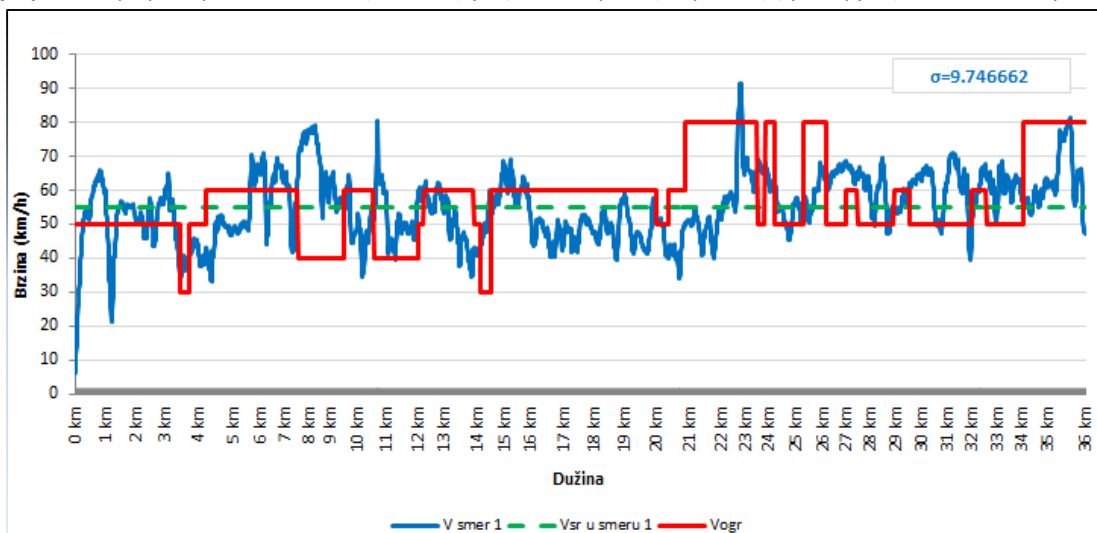
Дијаграм 2. Профил брзине на деоници Матарушка Бања – Ушће у смеру 2 (20.4.2019. год. у 14:48)



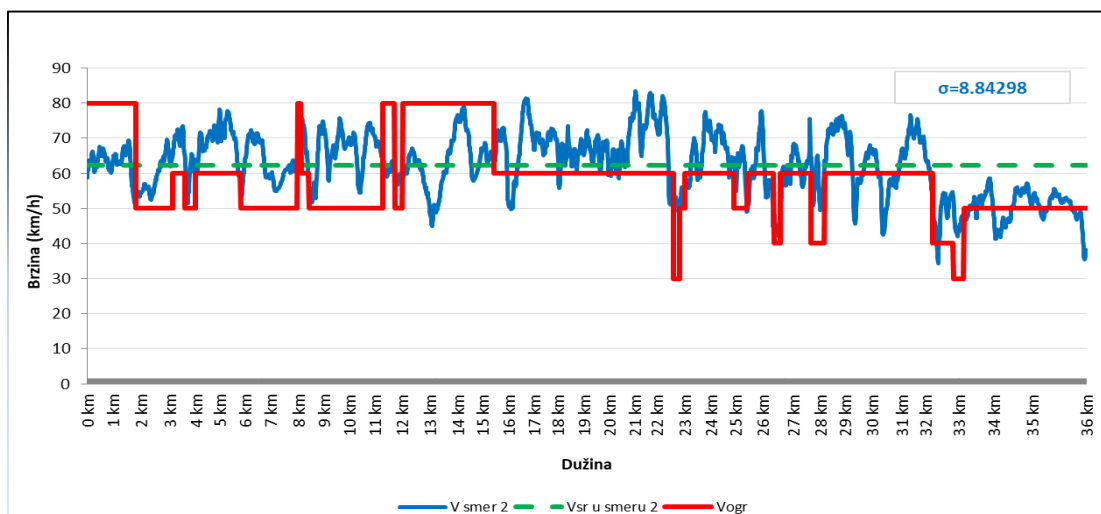
Дијаграм 3. Профил брзине на деоници Чачак (Гуча) – Паковрађе (Марковица) у смеру 1 (20.4.2019. год. у 9:12)



Дијаграм 4. Профил брзине на деоници Чачак (Гуча) – Паковрађе (Марковица) у смеру 2 (20.4.2019. год. у 11:41)



Дијаграм 5. Профил брзине на деоници Мали Зворник – Грачаница у смеру 1 (11.11.2018. год. у 10:52)



**Дијаграм 6.** Профил брзине на деоници Мали Зворник – Грачаница у смеру 2 (11.11.2018. год. у 12 :02)

Сprovedено теренско истраживање резултирало је профилима брзина представљеним на дијаграмима 1, 2, 3, 4, 5 и 6. Анализа добијених резултата је омогућила закључак да је ограничење брзине на деоницама Матарушка Бања – Ушће и Мали Зворник – Грачаница не кредибилно. Са друге стране, добијени резултати за деоницу Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковица) су задовољавајући.

На деоници Матарушка Бања – Ушће забележен је проценат прекорачења од 62,58% дуж целе деонице, док је на деоници Мали Зворник – Грачаница тај проценат нешто мањи (59,26%), али и даље незадовољавајући. Најчешће прекорачене ограничене брзине дуж обе деонице су 50 km/h и 60 km/h. Током истраживања забележено је велико прекорачење ограничене брзине од 50 km/h на деловима деонице која пролази кроз насеља Конарево и Мали Зворник. Разлог због ког долази до негативног резултата је чињеница да се на овим местима догодила хаотична урбанизација дуж пута, односно формирана су насеља без спроведене контроле приступа, као и без стратегије изградње обилазнице, што је довело до проблема везаних за ефикасност и безбедност саобраћаја. Са основним циљем решавања проблема безбедности саобраћаја вишедеценијска пракса је била да се лимитирањем брзина овај проблем реши. Међутим, пошто је пут пројектован за брзину од 80 km/h, а брзина је лимитирана на 50 km/h, ова мера је допринела снижавању експлоатационе брзине у саобраћајном току, као и великом проценту непоштовања ограничене брзине од стране возача. Такође, дуж предметних деоница владају повољни путни и саобраћајни услови који омогућавају кретање већим брзинама од дозвољених. Измерена вредност средње просторне брзине за деоницу Матарушка Бања – Ушће износи 63 km/h, за деоницу Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковица) 64 km/h и за деоницу Мали Зворник – Грачаница 58 km/h.

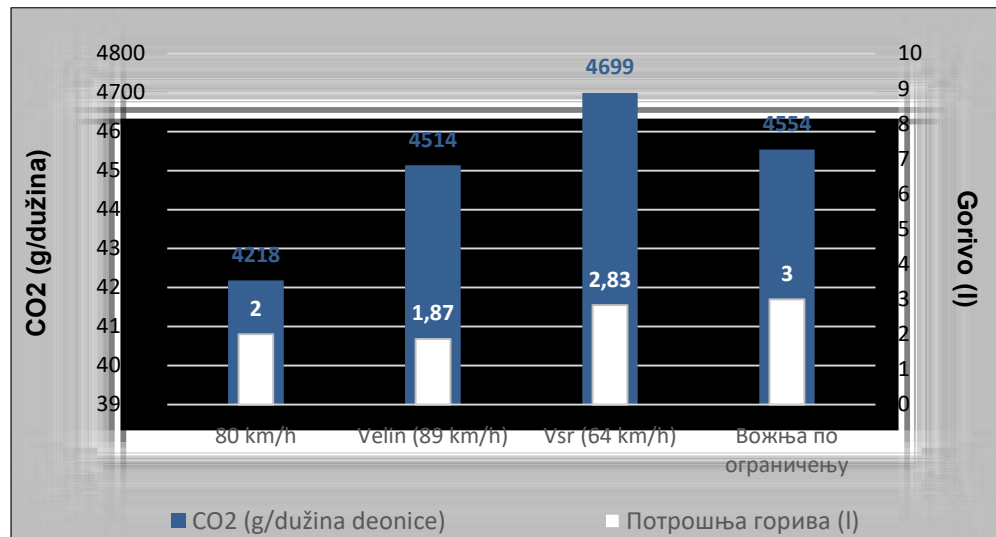
### 3.2. РЕЗУЛТАТИ АНАЛИЗЕ ПОТРОШЊЕ ГОРИВА И ЕМИСИЈЕ CO<sub>2</sub>

Како би се утврдила потрошња горива и емисија CO<sub>2</sub> спроведено је теренско истраживање. Теренско истраживање је спроведено аутомобилом “Volkswagen Golf 1.9 TDI 105hp”. Утврђене вредности просечне потрошње горива при различитим ограничењима представљене су у табели 2. На основу податка да просечна потрошња горива на ванградским путевима за ову марку аутомобила износи 5,1 l/100 km, при чему емисија CO<sub>2</sub> износи 135 g/km, утврђена је емисија CO<sub>2</sub> у функцији потрошње горива при различитим брзинама.

**Табела 2.** Потрошња горива при различитим брзинама утврђена истраживањем и емисија CO<sub>2</sub>

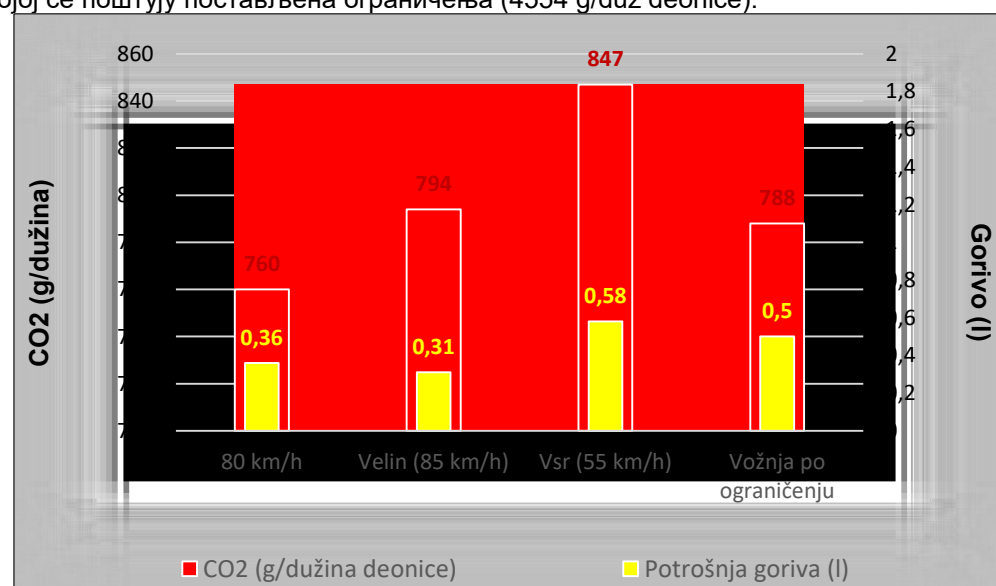
Брзина (km/h)	Потрошња горива (l)	CO <sub>2</sub> (g/km)
---------------	---------------------	------------------------

30 km/h	4,8	127
40 km/h	4,4	116
50 km/h	4,9	130
60 km/h	4,7	124
70 km/h	3,8	101
80 km/h	4,3	114



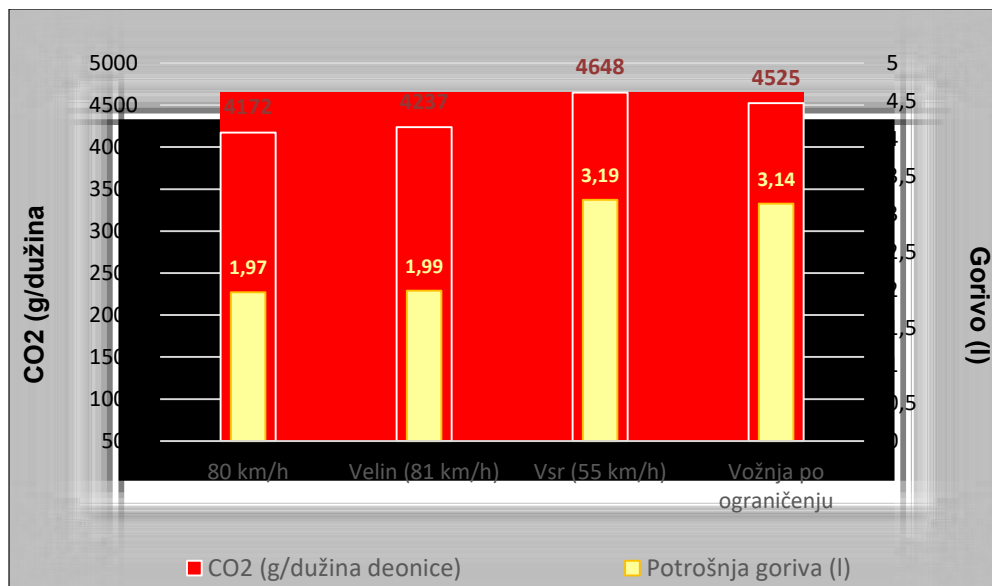
Дијаграм 7. Потрошња горива и CO<sub>2</sub> на деоници Матарушка Бања – Ушће

На основу спроведених истраживања и применом модела за добијање емисије CO<sub>2</sub> добијени су резултати који показују да је највећа вредност потрошње горива на деоници Матарушка Бања – Ушће чија дужина износи 39,1 km, забележена током вожње при којој су поштоване ограничене брзине (3 l), док су знатно мање вредности забележене за прорачунату експлоатациону брзину (89 km/h) и претпостављену брзину од 80 km/h која одговара путним и саобраћајни условима на деоници (око 2 l). Израчуната вредност CO<sub>2</sub> дуж деонице је најмања при вожњи брзином од 80 km/h, док су највеће вредности емисије CO<sub>2</sub> забележене при средњој просторној брзини од 64 km/h (4669 g/duž deonice) и за вожњу при којој се поштују постављена ограничења (4554 g/duž deonice).



Дијаграм 8. Потрошња горива и емисија CO<sub>2</sub> на деоници Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковића)

Са дијаграма 8 се види да су на деоници Чачак (Гуча) – Паковраће (Марковица) при брзини од 80 km/h забележени највећи оптимуми кад је у питању емисија CO<sub>2</sub> (760 g/duž deonice). Када је у питању потрошња горива утврђена је најмања потрошња (0,31 l) при вожњи брзином од 85 km/h добијеном Линеарним моделом за прорачун експлоатационих брзина.



Дијаграм 9. Потрошња горива и емисија CO<sub>2</sub> на деоници Мали Зворник – Грачаница

Резултати спроведене анализе на деоници Мали Зворник – Грачаница чија дужина износи 37,7 km показују да се највеће вредности потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub> бележе при вожњи брзином од 55 km/h добијеном спроведеним теренским истраживањем дуж деонице. Нешто мања вредност потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub> забележена је при вожњи која је у складу са постављеним ограничењима дуж деонице. Као и у претходним случајевима највећи оптимуми у потрошњи горива и емисији CO<sub>2</sub> су утврђени при вожњи брзином од 80 km/h и при експлоатационој брзини добијеној на основу Линеарног модела (81 km/h). Потрошња горива при брзини од 80 km/h износи 1,97 l а емисија CO<sub>2</sub> 4172 g/duž deonice.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Са основим циљем утврђивања законитости промене потрошње горива и емисије CO<sub>2</sub> у зависности од брзине, спроведено је теренско истраживање дуж деоница ванградских долинских путева. Истраживање је вршено методом покретног осматрача, односно возило осматрач („Volkswagen Golf 1.9 TDI 105hp“) се кретало у саобраћајном току опонашајући меродавно возило. Спроведено теренско истраживање је поред утврђивања средње просторне брзине омогућило и да се дође до података о ограничењима брзине дуж деонице. На основу податка да просечна потрошња горива на ванградским путевима за аутомобил „Volkswagen Golf 1.9 TDI 105hp“, износи 5,1 l/100 km, при чему емисија CO<sub>2</sub> износи 135 g/km, утврђена је емисија CO<sub>2</sub> у функцији потрошње горива за претпостављену брзину од 80 km/h, утврђену средњу просторну брзину, средњу експлоатациону брзину по моделу, као и у зависности од промене ограничења брзине дуж анализираних деоница.

Синтезна анализа резултата је омогућила долажење до закључка да је на све три анализираних деонице забележена највећа потрошња горива и емисија CO<sub>2</sub> током вожње при којој су поштоване ограничене брзине, као и при средњој просторној брзини добијеној на основу спроведеног истраживања. Са друге стране, при претпостављеној брзини од 80 km/h и израчунатим вредностима експлоатационих брзина на



анализираним деоницама, забележени су највећи оптимуми у потрошњи горива и емисији угљен – диоксида.

Дуж свих анализираних деоница које су изразито ванградске, на већини места не важи опште ограничење брзине од 80 km/h, иако дуж деоница владају повољни путни и саобраћајни услови који дозвољавају да се возила крећу брзинама које су веће од лимитираних. Ограничена брзина је до сада углавном дефинисана у функцији безбедности саобраћаја или прилагођавана намени земљишта. Сагледавајући последице некредибилних ограничења брзина, потребно је системско решавање проблема неадекватних ограничења и унапређење хомогенизације брзина у саобраћајном току. Дефинисање и постављање кредибилних ограничења би довело до много мањег процента прекорачења лимитираних брзина, смањила би се дисперзија брзина у саобраћајном току, повећао капацитет деонице и смањили негативни утицаји на животну средину.

## Литература

- [1] MATTHEW BARTH AND KANOK BORIBOONSOMSIN. Traffic Congestion and Greenhouse Gases.
- [2] Road Traffic Noise Guidelines
- [3] Haworth, N. and Symmons, M. DRIVING TO REDUCE FUEL CONSUMPTION AND IMPROVE ROAD SAFETY
- [4] Određnje količina emitovanih загађујућих материја пореклом из drumskog саобраћаја применом Copert IV modela evropske agencije за животну средину. Универзитет у Београду. Саобраћајни факултет.
- [5] Jovana Subotić, Olivera Jovičić, Marija Simić, Ђурђија Mitrović. Управљање брзинама на путевима.
- [6] [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/speed/speed\\_is\\_a\\_central\\_issue\\_in\\_road\\_safety/speed\\_and\\_environment\\_speed\\_and\\_travel\\_time\\_en](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/speed/speed_is_a_central_issue_in_road_safety/speed_and_environment_speed_and_travel_time_en)
- [7] Mustafa Mehanović. Факултет за саобраћај и комуникације. Сарајево. Determining Gas Emissions of Traffic Flow on a Road Section.
- [8] THE RELATIONSHIP BETWEEN FUEL ECONOMY AND SAFETY OUTCOMES
- [9] Narelle Haworth Mark Symmons. December 2001. The relationship between fuel economy and safety outcomes.

## РИМСКИ ПУТЕВИ У СРБИЈИ - ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА У ЦИЉУ ЗАШТИТЕ И ПРОМОВИСАЊА КУЛТУРНОГ НАСЛЕЂА

**Никола Марковић**

*Универзитет у Београду, Филозофски факултет, одељење за археологију, Чика Љубина 18-20, Београд, nidzamarkovic@hotmail.com*

*Резиме: У римској држави провинцијски путеви су имали сврху не само да омогуће лакши пренос робе и људи, већ су учествовали индиректно у пацификацији и романизацији једне области. Подручје Србије у време Рима представља једну од најважнијих раскршћа комуникација. Археолошко истраживање и проучавање итинерара доводи до закључка да неке трасе модерних путева се преклапају једним делом са трасама римских путева. Путни правци од највећег који су ишли преко Србије у периоду Царства су чинили путеви Сирмијум – Наусус – Ремезијана – Сердика – Константинопољ (Via militaris) и (када Дакија није била у склопу државе) тзв. лимески пут који је повезивао утврђења на Дунаву. Via militaris је био коришћен и у рановизантијском, па и у средњовековном периоду. Међутим, он на неким својим појединим деловима остаје препознатљив, а чак и проходан до краја деветнаестог века. Проблем који се јавља у садашњем времену је недовољна истраженост и неадекватна брига о већ истраженим трасама. Међутим, императив једног друштва мора бити очување њеног непроцењивог културног наслеђа. Решење овог проблема треба тражити у улагању у конзервацију већ истражених траса и улагањима у нова истраживања у овом подручју. Након конзервирања, трасе путева могу бити и туристички експлоатисане.*

**Кључне речи:** римски путеви, Via militaris, културно наслеђе

## ROMAN ROADS IN SERBIA: THE IMPORTANCE OF THEIR RESEARCH WITH THE PURPOSE OF CONSERVATION AND PROMOTION OF CULTURAL HERITAGE

**Никола Марковић**

*University of Belgrade, Faculty of Philosophy, Department of archaeology, Čika Ljubina 18-20, Belgrade*

*Abstract: In the Roman Empire the provincial roads had a purpose not only in enabling easier means of transportation, but also indirectly had a part in the pacification and romanisation of an area. The region of Serbia in Roman times has been one of the most important crossroads of communication. By means of archaeological research and study of Roman itineraria it is possible to come to a conclusion that some of the Roman roads are overlaid by modern ones. The main roads of the Roman period which went through Serbia were Sirmium – Naisus – Remesiana – Serdica – Constantinopolis (Via militaris) and (at times when Dacia was not a part of the Roman empire) the limes road which connected the fortifications along the Danube. Via militaris was still used in the early byzantine and even medieval I period. However, in some areas it stayed recognizable and useable until the end of the nineteenth century. The problems that plague Roman roads in Serbia in the modern times is an inadequate amount of research and care for the already excavated parts. An imperative of society must be the conservation of its invaluable cultural heritage through investments in the conservation and new research in this area. After conservation the roads can be exploited for touristic purposes.*

**Key words:** roman roads, Via militaris, cultural heritage

### 1. Увод

Римско царство (27. пре Христа – 476. после Христа) је била држава која је ујединила већину тада познатог света у један политички ентитет, обухватајући све “цивилизоване” делове Европе. Цар је владао аутократски и без прекида до Трајана, увек тежећи ширењу граница Рима из више разлога, од личног добитка и империјализма, до експанзије ка природним границама ради лакше одбране од непријатеља. Управљање огромним територијама је био камен спотицања за сва царства и да би се решио проблем неефикасне управе, побуна и многих других проблема, морали су се развити државни системи који би смањили моћ локалних великаша, омогућили безбедност становништву и одвратили га од устанака, и коначно, систем комуникација, тј. путева са циљем што бржег преноса војске и информација од центра ка периферији и обратно.

Путеви су били врло важни за царства свих епоха, а самим тим и за римско. [1] У римској држави путеви су имали сврху не само да омогуће лакши пренос робе и људи, већ су учествовали индиректно у пацификацији и романизацији једне области. Подручје Србије у време Рима представљало је једну од најзначајнијих раскршћа комуникација. У Риму је настанак путева првобитно био условљен војним, а убрзо трговачким и привредним разлозима. Римска мрежа путева се ширила заједно са даљим освајањима. [2]

Административна документација геометра Сикула Флака из првог века после Христа показује да су Римљани класификовали путеве по важности. Главни правци називали су се *viae publicae* (јавни путеви) за чију изградњу је била задужена држава. Путеви од мањег значаја били су *viae militares* (војни путеви) грађени о трошку војске, а касније и они постају јавни. Затим следе *viae vicinales* (локални путеви) које одржавају села, као и *viae privatae* (приватни путеви) грађени и одржавани од стране власника. [3] Осим класификације путева коју су користили сами Римљани, поједини истраживачи су предложили другачији начин категоризације римских путева на Балканском полуострву.

## 2. Грађа римских путева

Рим је реагујући на локалне околности развијао врло специфична решења за сваки индивидуални проблем. Римски инжењери су се увек трудили да искористе најједноставнија и најекономичнија средства, напуштајући праву линију што мање. [3] Пут је постављан у кратким правилним деоницама које су нагло мењале правац у зависности од терена. Разлог томе није лежао у немогућности Римљана да конструишу кривине, већ је било једноставније да се пут тако трасира помоћу ондашњих геодетских техника. [4] Путеви су углавном пратили долине река не само због лакше проходности и мањих нагиба, већ и због лакшег снабдевања водом путника и њихових животиња. [5]

*Via Appia* (Слика 1.) је најстарији систематично грађен римски пут. Изграђен је на иницијативу Цензора Апија Клаудија након 312. пре Христа и представља технички и политички прототип велике путне мреже царског периода. [3]



Слика 1. *Via Appia*

Source: (Извор, Jean-Pierre, A. 2005. *Roman buildings - Materials and Techniques*. Routledge, UK and USA. 574 p.)

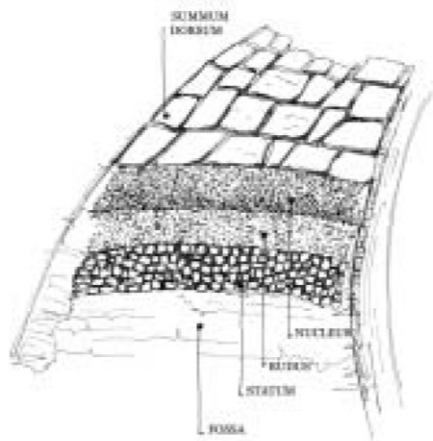
Разграната мрежа римских путева захтевала је систематско планирање и одржавање. Тада нису постојали стандарди у начину грађења саобраћајница, али су неке опште особине биле заједничке за све путеве. Обиље драгоцених података пружају профили сачуваних делова траса, а значајне информације добијене су и површинском анализом. [4]

Путеви су се састојали од два дела различитог састава, тј. од основе и површинског сегмента. Њихова структура зависила је пре свега од поднебља, односно од доступних материјала и од чврстине тла. Увек кад је било могуће сав материјал је био из околног подручја, а у случају недостатка локалног камена прибављан је издалека. У областима са погодним лежиштима камена често су настајали каменоломи дуж друмова. Ослањање на природна богатства околине један је од разлога за велику различитост структуре римских путева уопште. Чак и на истим деоницама постоје знатне разлике, а честе поправке појединих делова донекле компликују анализу њихове структуре. [4]

Многе путеве у провинцијама су изградиле легије. [3] Путеве, утврђења, као и пратећи објекти изграђени од стране римске војске, били су прављени најпре од: камена, глине, шкриљца за путеве, а за објекте се користио малтер, дрво тресет и слама. [6]

У декретима Августа се уочава да се ширина путева знатно разликовала у зависности од више фактора, пре свега, значаја самог пута, као и природе тла (количине блата, глине, влажности итд.). Није било званичних критеријума за одређивање ширине, али би генерално правило било да што је пут шири, већа му је и важност. Најшири путеви су били широки обично до 12 m а споредни често и само 2.5 m. Због честе употребе вициналних путева су понекад били широки до 6 m да се омогући мимоилажење возила. На посебно тешким и уским деоницама које су и под нагибом, за пренос терета нису се могла користити кола, већ само животиње. [3] Ширина путева у насељима је такође била разнолика, али ипак су постојали одређени стандарди. У Помпејима су главне улице имале скоро исту ширину коловоза од 4 m. Мање важне улице су могле бити широке и само 2 m. Ширина улица је наравно условљена околним грађевинама. [3]

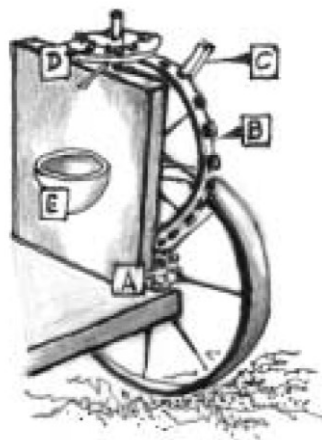
Ширина пута је одређивана копањем два паралелна јарка, а између њих простор је пражњен све до здравице, тј. чврсте подлоге. Након тога су формирано насипи да омогуће дренажу коловоза, што је било кључно за одржавање чврстине пута и компактности, каква год била структура тла. Те насипе су Римљани називали агер (agger). Они су се доста разликовали по висини и ширини. Могли су се јавити као једноставан земљани насип, али и у много комплекснијој форми од слојева камења и другог материјала. Агер је обично у облику мањег гребена, а на главним путевима је најчешће ишао од 13.5 до 15 m у ширину и 1.2 до 1.5 m у висину. На путевима мањег значаја није било агера, јер је пут био постављан директно на изравнато тло. Агер је био сама основа пута и састојао се од четири слоја (Слика 2.): statum (основни слој), rudus (средњи слој), nucleus (средњи слој) и summum dorsum (површински слој). [4]



**Слика 2.** Приказ слојева једног римског пута

Source: (Извор, Петровић, В. 2007. Дарданија у римским итинерарима. Балканолошки институт САНУ, Србија. 26 p.)

Мерење дужине путева се обављало уз помоћ ходометра (Слика 3.), изумљеног од стране Витрувија. Ходометар се састоји од мењачког механизма са једним зубом који је био причвршћен за точак кола (А). Уз помоћ њега покретан је већи точак (В) са једним дугачким и 399 кратких зуба (С). Када дугачки зуб удари у добош (D) са рупама за каменчиће, покренуо би добош за каменчиће и један каменчић би пао у металну чинију (Е), што је представљало да су кола прешла једну римску миљу (1480 m). [4]



**Слика 3. Шематизован приказ ходометра**

Source: (Извор, Петровић, В. 2007. Дарданија у римским итинерарима. Балканолошки институт САНУ, Србија. 38 p.)

### 3. Римски путеви у Србији

Подручје средњег тока Дунава је укључено у римске интересне сфере још у време Августа за време првих успешних битака против Дачана. [7] Међутим, већ за време његовог наследника Тиберија постоје први историјски потврђени докази о путевима на територији Србије, тачније у Ђердапској клисури. Али, постоје и старији римски путеви у Србији а међу њима се издваја пут који је ишао од Стобија у Северној Македонији преко моравске долине до Дунава, овај правац је био од кључног значаја током консолидације римске власти на подручју централног Балкана. Вероватно је да су рани римски путеви на тлу Србије грађени на трасама још старијих предримских путева. [8] О старости друмова на територији Србије сведочи и одсуство имена неких важних градова у итинерарима (путна карта из римског периода), као што су Улпијана и Муниципијум Дарданорум у западној Дарданији, који су као важна привредна средишта настали након изградње главних саобраћајница. [4]

Два најважнија римска пута кроз Србију су били *Via militaris* и лимески пут (*када Дакија није била у склопу државе*). *Via militaris* је кретао из Сирмијума у Сингидунум који је онда преко Виминацијума ишао кроз поморавље до Наисуса, затим је скретао ка истоку ка Сердици и Константинопољу. [4] *Via militaris* се спајао са попречним путевима користећи планинске превоје и речне долине [5], а лимески пут је пратио границу Римског царства – Дунав, и његова сврха најпре је била да споји погранична утврђења. [10] Утврде на свим границама Рима су биле повезане путем који је био главни за тај простор. Могуће је да и само име границе: Лимес, потиче из римског назива за погранични пут. [6]

Значај *Via militaris* као најдиректније везе Европе са Оријентом био је познат од давнина. *Via militaris* (Слика 4.) је откривен током заштитних истраживања због изградње аутопута у близини Димитровграда на локалитету Селиште где је коловоз био изграђен од крупног камена и дробине. То камење је било укошено ради лакшег одвода кишнице. Због таквог начина градње пут није могао настати пре владавине Трајана. По ширини коловоза траса *Via militaris* код Димитровграда се издваја својом ширином од 7.5 m, јер је већина путева у Римском царству била широка између 3 m и 6 m.

[9] На велики значај *Via militaris* указује и то што је означен на свим итинерарима који приказују римску путну мрежу на Балканском полуострву (*Tabula Peutingeriana*, *Ravennatis cosmographia*, *Itinerarium Antonini*, *Itinerarium burdigalense*). [9]



**Слика 4.** *Via militaris* на деоници на локалитету Селиште код Димитровграда

Source: (Извор, Лазућ, М.; Миљковић, М. (2017). Археолошка истраживања на аутопуту Е80. Археолошка истраживања на аутопуту Е80, Селиште код Димитровграда – неолитско насеље и римски пут. 522-558.)

Деоница лимеског пута кроз Ђердап (Слика 5.) био је огроман подухват војне архитектуре Рима, цивилизације најпознатије по инфраструктури коју је оставила. Тежина изградње овог пута лежи у томе што због стрмих стена и уске клисуре није било простора за изградњу стандардног пута. Из тих разлога су легионари морали да уклешу пут у стену, а онда га прошире пешачком стазом на дрвеним конзолама које су висиле над Дунавом. Радови су трајали више деценија, а кренули су још од времена Тиберија 33/34. године после Христа. [7]



**Слика 5.** Лимески пут на деоници кроз Ђердап

Source: (Извор, Петровић, В. 2007. Дарданија у римским итинерарима. Балканолошки институт САНУ, Србија. 35 р.)

У време владавине Тиберија изградња пута се наставља, да би коначно била завршена под Трајаном у време када се припремао за ратове против Дачана на почетку другог века. Овај пут је

био кључан за комуникацију и транспорт између утврђења и насеља дуж лимеса. Током оштрије зиме Дунав се могао заледити и тада је пут био једини начин транспорта. Ђердапски пут је резултат низа иновативних решења које су омогућиле изградњу неопходне инфраструктуре у, на први поглед, немогућим условима. Ово ремек дело војне архитектуре је надживело своје творце за скоро две хиљаде година. Пут се могао видети и био је делимично у употреби све до 1969. године када је потопљен изградњом хидроелектране Ђердап 1. [7]

Након што је Дакија освојена и претворена у римску провинцију, утврђења на Дунаву губе своју одбрамбену функцију и постају трговичка средишта уз Дунав, али у њих се привремено смештају трупе за задатке на подручју Балкана. Контрола путева, копнених и водених, уз стари лимес, као и преглед робе између две провинције били су од значаја, али је улога тих праваца била смањена до губитка Дакије у 275. години после Христа. [7]

#### 4. Миљокази

На свим важнијим римским путевима су били постављени миљокази (miliarium) (Слика 6.). Први поуздан извор о миљоказима даје Плутарх. Према Плутарху, у Риму на подстицај Гаја Граха 123. године пре Христа уведен је миљоказ као обавезни део опреме свих путева за општу употребу, који су коришћени и у цивилне и у војне сврхе. 20 године пре Христа, за време владавине Августа, на римском форуму испред Сатурновог храма је постављен Златни миљоказ (Miliarium Aureum) од кога су полазили сви путеви Царства и ту су се завршавали. Био је од бронзе, са позлаћеном куглом на врху. Златни миљоказ, на жалост, није сачуван. [4]

Миљокази широм Царства били су масивни цилиндрични стубови од камена, најчешће мермера или гранита и најчешће су достигали висину од 2.4 m и пречник од 50 cm да би се што лакше учили. Међутим, могли су бити доста мањи и већи од просека где су најмањи имали висину од само 1.25 m а највећи чак 3.3 m. Постављани су на раздаљини од једне римске миље (1480 m). На миљоказима се могао урезивати велики број података драгоцених за археологе и историчаре. Најпре су на њима била обавештења о раздаљини два места на друму, о удаљености од главног града провинције или Рима. Осим тога је било и информација у доба Републике о конзулу или неком другом званичнику задуженог за изградњу или поправку путева. [4] Значај путева у одржавању престижа кроз промоцију сопствене личности на миљоказима је био толики да у првом веку пре Христа Сенат није вољан да дозволи ниједној особи да добије углед који се везује за грађење путева. [3]



Слика 6. Римски миљоказ

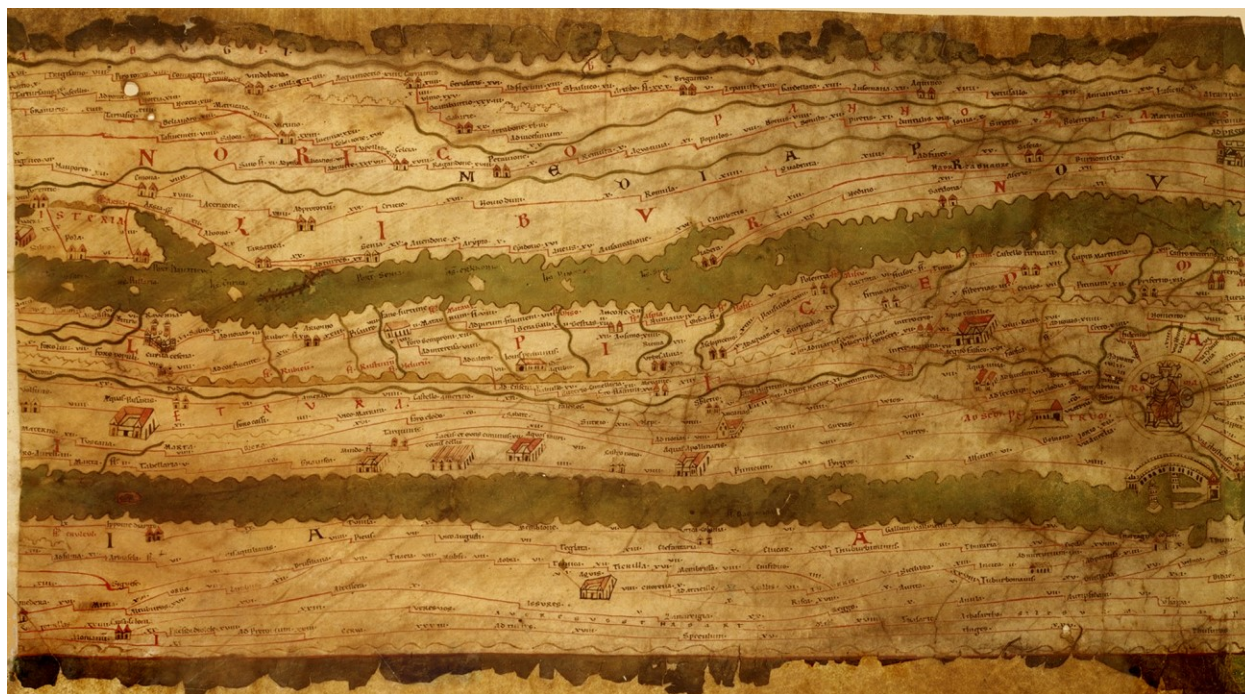
Source: (Извор, <https://www.thebyzantinelegacy.com/milliarium-aureum>, приступљено 7.9. 2019.)

За време Царства, нарочито после Домицијана, цар је одлучивао о путевима и другим великим јавним радовима и самим тим се његово име налазило на миљоказима. [3]. Путеви су били више од

пуке измене пејзажа, те су носили једну јасну идеолошку поруку моћи државе и, тачније, особе која је омогућила градњу. [2] Самим тим су миљокази били моћно оружје царске пропаганде. На миљоказима често су били подаци о изградњи деонице и њеним техничким карактеристикама (да ли је коловоз од шљунка, да ли је пут поплочан, итд.) [4]

## 5. Итинерари и системи одмаралишта

Итинерар означава путну карту са описима саобраћајница. Итинерари бележе насеља, станице и њихову међусобну удаљеност. Итинерари се могу поделити у две групе: *itineraria picta* и *itineraria adnotata*. Прва врста је у форми карте, а друга у облику списка имена станица на јавним путевима и њихове удаљености, при чему могу бити придодати и подаци о царинама, коначиштима итд. Итинерари су били коришћени најпре у војне, трговачке, поштанске и путничке сврхе. [4] Од свих римских итинерара за просторе Балкана је најважнија *Tabula Peutingeriana* (Слика 7.), јер су на њој засноване идентификације и убикације многих станица. *Tabula Peutingeriana*, као најобимнија по броју путева и имена насељених места у односу на све остале познате итинераре представља споменик напретку римске картографије у практичне сврхе у односу на картографију античке грчке. [5]



Слика 7. *Tabula Peutingeriana*

Source: (Извор, [https://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost03/Tabula/tab\\_or04.html](https://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost03/Tabula/tab_or04.html), приступљено 7.9. 2019.)

Уз путеве су биле све неопходне услуге за путнике, конаке (*tabernae*) где се могло јести и преноћити. Места грађења ових установа су зависила од топографије, извора, ивице шуме, уласка у насеље, итд. Са настанком државне курирске службе (*cursus publicus*) за време владавине Августа, настала су и државна коначишта (*mansiones*) и станице за промену коња и запрега (*mutationes*). Ове службе су једино могли користити путници са царским жигом или ако су имали жетоне (*tesserae hospitales*) којима се плаћао конак. [3] Уз *mansiones* су могла настати права насеља ако се одмаралишта већ нису налазила у склопу или у близини већ постојећих насеобина. [10]



## 6. Очување римских путева у Србији и његов приказ јавности

Због немерљивог значаја римских путева за историју грађевинарства потребно је извршити конзервацију макар једне деонице римског пута ради очувања богатог културног наслеђа Србије. Међутим, конзервација мора бити тек почетак, јер без презентације јавности сваки локалитет нема велику сврху, осим самим археолозима. Поред представљања јавности, таква деоница може бити и уновчена претварањем у туристичку атракцију. Археолошки туризам у склопу културног туризма сваке године све више расте, а његова највећа предност у односу на друге типове туризма је релативно мала цена улагања, већи приход и стварање позитивне слике о држави у иностранству. [11]

## 7. Закључак

У римској држави провинцијски путеви су били кључни за олакшавање преноса људи и робе, али ништа мање битне ефемерне функције пута су у настанку и одржању идеологије римске надмоћи над аутохтоним становништвом и повећања угледа градитеља. Пут је тиме служио индиректно романизацији и пацификацији једне области. Подручје Србије је у време Рима представљала веома битно чвориште комуникација које је омогућавало повезивање Истока и Запада. Због тога су најважнији римски путеви у Србији били развијени и врло широки. Треба напоменути да археолошким истраживањима се може доћи до закључка да одређене трасе римских путева и модерних путева се преклапају, што је потврђено на траси *Via militaris* на деоници код Димитровграда који се налази испод аутопута Е 80.

Два најважнија путна правца који су ишли преко Србије у периоду Царства су чинили путеви Сирмијум – Наисус – Ремезијана – Сердика – Константинопољ (*Via militaris*) и (када Дакија није била у склопу државе) тзв. лимески пут који је повезивао утврђења на Дунаву. *Via militaris* је био коришћен и у рановизантијском, па и у средњовековном периоду у не много мањем обиму. Међутим, на својим појединим деловима остаје препознатљив, па чак и проходан, све до краја деветнаестог века. Римски путеви, и грађевинарство уопште, представљају један од најфасцинантнијих аспеката римске цивилизације, јер чак до деветнаестог века у неким области њихов ниво техничког умећа није био достигнут. Римски путеви одлично приказују идеју да технологија није један непрекидан напредак, већ да је било успона и падова.

Проблем који се јавља у садашњем времену је недовљољна истраженост и неадекватна брига о већ истраженим трасама. Несумњиво се намеће потреба за њиховим пажљивим откривањем, конзервацијом и стављањем у функцију у облику пригодном за приказивање јавности, а у циљу очувања културног наслеђа, као и проширивања понуде археолошког туризма и културног туризма уопште у Србији.

## Литература

[1] Witcher, R.E. (1998). Roman Roads: phenomenological perspectives on roads in the landscape. In C. Forcey, J. Hawthorne & R. Witcher (eds) TRAC97. Proceedings of the Seventh Annual Theoretical Roman Archaeology Conference. 60-70.

[2] Лазич, М.; Миљковић, М. 2010. *Via militaris* - Римски друм код Цариброда, Гласник друштва конзерватора Србије, (1) 35: 69-73.

[3] Jean-Pierre, A. 2005. *Roman buildings - Materials and Techniques*. Routledge, UK and USA. 30 p. 61p. 571 p. 572 p. 573 p. 576 p. 580 p. 593 p.

[4] Петровић, В. 2007. *Дарданија у римским итинерарима*. Балканолошки институт САНУ, Србија. 24 p. 25 p. 26 p. 27 p. 36 p. 37 p. 38 p. 65 p.

[5] Грчић, М. 2017. Путеви и насељена места западног Балкана на Појтингеровој табли – итинерару. Гласник, (7) 21: 17-37

[6] Jilek, S.; Breeze, J. D. 2014. *Granice Rimskog carstva*, Arheološki institut, Srbija, 19 p.

[7] Korać, M.; Golubović, S.; Mrđić, N.; Jeremić, G.; Pop-Lazić, S. 2014. *Rimski limes u Srbiji*. Arheološki institut, Srbija. 38 p. 43 p. 83 p. 84 p.

[8] Петровић, В. 2014. Централни Балкан у римским итинерарима, Тематски зборник радова – Савремене парадигме у науци и научној фантастици, Међународни научни скуп Наука и савремени универзитет. 3, 127–140.

[9] Лазић, М.; Миљковић, М. (2017). Археолошка истраживања на аутопуту Е80. *Археолошка истраживања на аутопуту Е80, Селиште код Димитровграда – неолитско насеље и римски пут*. 522-558

[10] Граџанин, Н. 2010. Rimske prometnice i komunikacije u kasnoantičkoj južnoj Panoniji, *Scrinia slavonica* 1 (10): 9-69.

[11] Marčeta, M. 2016. Importance of archaeological parks for travel trends – Example Serbia. *Researches Reviews of the Department of Geography, Tourism and Hotel Management*. 1 (45): 25-47.

# IMPLEMENTACIJA DRUŠTVENO-EKONOMSKIH STANDARDA PRI REALIZACIJI LINIJSKIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA; PREDNOSTI I IZAZOVI

**Jovana Arsić<sup>1</sup>, dipl.građ.inž.**

*Arup d.o.o, Beograd, Republika Srbija, Jovana.Radic@arup.com*

**Rezime:** Na svom putu ka Evropskoj uniji, Srbija konstruktivno i aktivno saraduje sa međunarodnim finansijskim institucijama (MFI) koje imaju važnu ulogu u razvoju infrastrukture i u procesu ispunjavanja uslova za članstvo u EU. Svojim propisima, ove organizacije menjaju tradicionalne ekonomske modele i promovišu implementaciju projekata u skladu sa principima održivog razvoja koji se zasnivaju na zaštiti životne sredine i društveno-ekonomskoj dobrobiti. Zaštita životne sredine stavljena je već duži niz godina u prioritetne aktivnosti u infrastrukturnim projektima u Srbiji, samim tim kapaciteti za ispunjavanje standarda u ovoj oblasti su sve jači. Problem nastaje pri pokušaju suzbijanja negativnih uticaja na društveno-ekonomske aspekte koji su posebno izraženi na linijskim infrastrukturnim projektima, sa obzirom da svest o njihovoj važnosti još uvek nije dovoljno razvijena.

Analiza, sprečavanje ili ublažavanje društveno-ekonomskih uticaja zahteva poštovanje vrlo složenih propisa sadržanih unutar različitih nacionalnih zakona i pravilnika kao i praksi MFI. Rad obrađuje prednosti i izazove koje implementacija ovih standarda sa sobom nosi sa fokusom na realizaciju projekata na već postojećoj putnoj mreži. Kao primer uzet je Projekat Rehabilitacije i unapređenja bezbednosti puteva kao trenutno jedan o najvećih projekata ovog tipa u našoj zemlji a koji je finansiran o strane Evropske banke za obnovu i razvoj, Svetske banke i Evropske investicione banke kao vodećih predstavnika MFI u državi.

**Ključne reči:** društveno-ekonomski standardi, linijski infrastrukturni projekti, propisi, praksa, zakoni

# IMPLEMENTATION OF SOCIO-ECONOMIC STANDARDS IN THE PERFORMANCE OF ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS; ADVANTAGES AND CHALLENGES

**Jovana Arsić, Civil Eng.**

*Arup Ltd, Belgrade, Republic of Serbia, Jovana.Radic@arup.com*

**Abstract:** On its way to the European Union, Serbia constructively and actively cooperates with international financial institutions (MFIs) which have an important role in infrastructure development and the process of meeting the requirements for EU membership. By their regulations, these organizations change traditional economic models and promote the implementation of projects in accordance with the principles of sustainable development that are based on environmental and socio-economic well-being. Environmental has been put into the priority projects in infrastructure projects in Serbia for many years now, and therefore capacity to meet standards in this area has been strengthened. The problem arises when trying to suppress negative impacts on socio-economic aspects that are particularly expressed on road infrastructure projects, since awareness of their importance is still not sufficiently developed.

The analysis, prevention or mitigation of socio-economic impact requires compliance with very complex regulations contained within various national laws and regulations as well as MFI practices. The paper deals with the advantages and challenges that the implementation of these standards carries with their focus on the realization of projects on the already existing road network. An example of this is the Road Rehabilitation and Safety Project, as one of the largest projects of this type in our country, financed by the European Bank for Reconstruction and Development, the World Bank and the European Investment Bank as the leading representatives of the MFIs in the country.

**Keywords:** socio-economic standards, road infrastructure projects, regulations, practices, laws

## 1. UVOD

Krajem 20tog veka, kod infrastrukturnih projekata počeo je da se pridaje značaj i na uticaje životne sredine, socijalno ekonomsku stanje zajednice, političke i finansijske odnose u zajednici i mnoge druge uticaje.

Ove analize su se uglavnom odnosile na industrijske, nuklearne projekte i projekte koji su mogli da imaju veliki značaj na društvenu zajednicu kao i da ima veliko zagađene i štetne uticaje. Međutim, u praksi se pokazalo da i linijski infrastrukturni projekti mogu imati značajni uticaj, da li loš ili dobar uticaj. Obim i intenzitet ovih uticaja zavisi kako od samog projekta, tako i od sredine u kojoj se realizuje ali u prasi se pokazao da i veliki i mali projekti imaju značajne uticaje na lokalnu zajednicu. Uticaji mogu biti različitog

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: Jovana.Radic@arup.com

intenziteta i trajnosti, mogu se javiti u relativno maloj sredini ili se širiti na okolne zajednice. Neophodno je osigurati posvećeno i strogo vođenje projekta kako bi se osigurala maksimalna korist, a negativni uticaji izbegli ili u velikoj meri umanjili tokom trajanja projekta.

Neophodno je osigurati posvećeno i strogo vođenje projekta kako bi se osigurala maksimalna korist, a negativni uticaji izbegli ili u velikoj meri umanjili tokom trajanja projekta. Pri tome, trajanje projekta uključuje sve faze od planiranja i projektovanja, preko izvođenja, eksploatacije i održavanja objekata, sve do rušenja objekta ili početka novog životnog ciklusa nakon rehabilitacije ili rekonstrukcije, kao što je to slučaj kod većine objekata saobraćajne infrastrukture.

Društveno ekonomski uticaj je u suštini uticaji projekata tj. javnih aktivnosti (tako i privatnih- kao privatni investitori) na lokanu zajednicu u kojoj se realizuje projekat. Uticaji se ogledaju u promeni načina na koji ljudi žive, rade, ostvaruju međusobne odnose, organizuju radi zadovoljenja potreba i kako se uopšteno ponašaju kao članovi društva koji obuhvataju i kulturološke uticaje koji uključuju promene u normama, vrednostima i verovanjima kojima se ljudi rukovode i pomoću kojih racionalizuju spoznaje o sebi i društvu kome pripadaju. To su uticaj načina života, kvalitet života i zdravlje, kulturološki i uticaji na zajednicu.

## 2. MEĐUNARODNE FINANSIJSKE INSTITUCIJE

Međunarodne finansijske institucije (MFI) je institucija koju je stvorila grupa zemalja koja obezbeđuje finansiranje i savetovanje u svrhu razvoja. Finansiraju razne projekte sirom sveta u obliku dugoročnih - kredita. Kod nas su zatupljene jedne od članica kao što su Svetska banka, Evropska banka za obnovu i razvoj i Evropska investiciona banka.

**Svetska banka** (World Bank) je osnovana zajedno sa Međunarodnim monetarnim fondom i Međunarodnom bankom za obnovu i razvoj (IBRD) jula 1944. godine na konferenciji u Breton-Vudsu, uz učešće 44 zemlje. Svetska banka nije „banka” u pravom smislu te reči. Ona je, u stvari, jedna od specijalizovanih agencija Ujedinjenih nacija i čine je 184 zemlje članice. Ove zemlje su podjednako odgovorne za finansiranje ove institucije i raspodelu novca. Svetska banka daje pomoć zemljama sveta, kako finansijsku tako i u vidu saveta kako da povećaju svoj ekonomski razvoj, da izbegnu siromaštvo i očuvaju međunarodne investicije. Sedište Svetske banke je u Vašingtonu, a lokalne kancelarije postoje u 124 zemlje.

**Evropska banka za obnovu i razvoj** (European Bank for Reconstruction and Development- EBRD) osnovana je 15. aprila 1991. godine sa sedištem u Londonu, u cilju olakšavanja tranzicije sedam centralno-planskih privreda bivših socijalističkih republika (Bugarska, Čehoslovačka, Mađarska, Poljska, Rumunija, SSSR i SFRJ) na tržišnu privredu. Najveći deo njenih sredstava usmerava se na zajmove za privatizaciju. Uslov za njihovo korišćenje je poštovanje „ljudskih prava“, razvijanje višepartijske „demokratije“, izgradnja pravne države i tržišna orijentacija. Članice EBRD su 62 zemlje.

**Evropska investiciona banka** (European Investment Bank-EIB) je finansijska institucija Evropske unije. Osnovana je u Rimu 1958. godine ugovorom o osnivanju Evropske zajednice. Finansira investicione projekte koji doprinose balansiranom razvoju Unije. Akcionari EIB su zemlje članice Evropske unije.

Kada se govori o propisima/standardima, MFI ima svoje zahteve koji se tokom implementacije projekta moraju poštovati. U poslednjih nekoliko godina sve institucije su uglavnom ujednačile svoje pristupe prema proučavanju životne sredine kako i društveno-ekonomskim uticajima. Sve procene se obavljaju prema standardima i politikama banaka, ali se uvažava lokalna regulativa.

U tabeli su prikazani standardi/propisi navedenih institucija koji su vezani za društveno-ekonomske uticaje.

*Tabela 1 Dokumentacija međunarodnih finansijskih institucija*

institucija	dokumentacija
Svetska banka (operacione politike i procedure kao i ekološki i društveni okvir,)	OP/BP 4.00 <i>Piloting the Use of Borrower Systems to Address Environmental and Social Safeguard Issues in Bank-Supported Projects</i> OP/BP 4.03 <i>Performance Standards for Private Sector Activities</i> OP/BP 4.10 <i>Indigenous Peoples</i> OP/BP 4.12 <i>Involuntary Resettlement</i> OP/BP 4.20 <i>Gender and Development</i>

	<p>ESS 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Risks and Impacts</i>                  ESS 2 <i>Labour and Working Conditions</i>                  ESS 4 <i>Community Health and Safety</i>                  ESS 5 <i>Land Acquisition, Restrictions on Land Use and Involuntary Resettlement</i>                  ESS 7 <i>Indigenous Peoples</i>                  ESS 10 <i>Information Disclosure and Stakeholder Engagement</i></p>
Evropska banka za obnovu i razvoj	<p>PR 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Impacts and Issues</i>                  PR 2 <i>Labour and Working Conditions</i>                  PR 4 <i>Health and Safety</i>                  PR 5 <i>Land Acquisition, Involuntary Resettlement and Economic Displacement</i>                  PR 7 <i>Indigenous Peoples</i>                  PR 10 <i>Information Disclosure and Stakeholder Engagement</i></p>
Evropska investicijska banka	<p>ESS 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Risks</i>                  ESS 6 <i>Involuntary Resettlement</i>                  ESS 7 <i>Rights and Interests of Vulnerable Groups</i>                  ESS 8 <i>Labour Standards</i>                  ESS 9 <i>Occupational and Public Health, Safety and Security</i>                  ESS 10 <i>Stakeholder Engagement</i></p>

Kao što ekološki standardi imaju za cilj da se zaštiti i unapredi prirodno i izgrađeno okruženje, društveno-ekonomski standardi imaju za cilj da zaštite prava i poboljšaju život ljudi direktno i/ili indirektno pogođenih projektima koje financiraju ove institucije, te da promovišu rezultate u korist individualnog blagostanja, društvene inkluzije i održive zajednice.

Kao uticaja infrastrukturnih projekata možemo sagledati dve društvene grupe, jedna imam direktni uticaj pri izgradnji puta ili rehabilitaciji puta tj. vlasnici nepokretnosti koje su pod uticajem te infrastrukture a druga su korisnici puta. Prva grupa ljudi živi u okolini linijskog projekta i zavisnosti da li je gradnja ili rehabilitacija može dodati da različitih uticaja. Pri izgradnji mogu dobiti bolje uslove stanovanja jer se uglavnom dolazi do izmeštanja saobraćajnih tokova kao i otvaranje novih radnih mesta mada može doći do negativnih uticaja ko što je otvaranje nekih tokova i onemogućavanje pristupa raznih usluga duž puta kao što su restorani, kafane, pumpe, moteli i dr. pa će dolaziti do propadanja i zatvaranja. Međutim, pri rehabilitaciji puteva se poboljšava stanje puteva i ureduju se pristupni putevi, sa obzirom da Svetska banka smatra isto legalne i nelegalne priključke, stanje pre rehabilitacije mora biti isto ili bolje. Tokom izgradnje kao i rehabilitacije može doći do eksproprijacije koja nosi kako dobre (povezivanja pravaca, smanjenje brzine puta itd., kod rehabilitacije proširenje puta zbog trotoara i bezbednost pesaka) tako i loše uticaje(ako ljudi nisu zadovoljni refundacijom za njihovo zemljište, ne žele da menjaju sredinu, neće da daju zemljište radi sirenja trase i izgradnje trotoara i dr.)

Druga društvena grupa čine korisnici puta i kroz realizaciju linijskog infrastrukturnog projekta dobiće značajno poboljšanje da li se to radilo o novo izgrađenom pravcu ili rehabilitaciji puta. Poboljšava se bezbednost saobraćaja, skraćuje vreme putovanja, smanjuje potrošnja benzina.

Kao primer uzet je Projekat rehabilitacije puteva i unapređenja bezbednosti puteva ali bi dala i osvrt na projekat Koridora 10 koji je za razliku od Projekta rehabilitacije dela Srpske putne mreže, ovo je projekat izgradnje dela autoputa u jugoistoku Srbije

## 2.1. KORIDOR 10

MFI financiraju velike infrastrukturne projekte širom sveta pa tako i kod nas kao što su npr. Koridor 10. To je linijski infrastrukturni projekat, lociran u jugoistoku Srbije gde se grade dva kraka, ka Bugarskoj E80 i ka Makedoniji E75 i jedan od najvažnijih panevropskih transportnih koridora koji povezuje Austriju, Mađarsku, Sloveniju, Hrvatsku, Srbiju, Bugarsku, Makedoniju i Grčku. Provizorna procena troškova projekta Autoput Koridor 10 iznosi 1.3 milijarde eura. Ovaj projekat paralelno financiraju tri međunarodne finansijske institucije (IFI) i jedan bilateralni donator: Svetska Banka (WB), Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD), Evropska investicijska banka (EIB) i Grčki plan za ekonomsku obnovu Balkana (HiPERB). Vlada Republike Srbije je takođe ko-finansijer projekta, uključujući i njenu punu odgovornost za otkup zemljišta i raseljavanje.

S obzirom da je projektovanje bilo pre 30tk godina pa se tada nije ni znalo iz kojih fondacija će se financirati projekat tako da nije ni društveno-ekonomski uticaj sagledavan kao neki značajni faktor. Međutim, Svetska

banka u skladu sa svojim zahtevima obavezala Republiku Srbiju da brine o društveno-ekonomskim uticajima ljudi koji su u neposrednoj blizini te infrastrukture tokom izvođenja.

Projekat obuhvata relativno veliku oblast i zahteva značajnu eksproprijaciju zemljišta kao i prisilno raseljavanje. Jedan od zahteva Međunarodnih finansijskih institucija za vreme izrade projekta, a naročito za vreme pregovora o zajmu bio je da se proces otkupa zemljišta uskladi sa najboljom međunarodnom praksom. Okvir politike raseljavanja (RPF) potpisan je od strane Vlade Republike Srbije i Međunarodnih finansijskih institucija 2009. godine. U njemu se navodi da otkup zemljišta za potrebe projekta treba da bude sproveden u skladu sa zahtevima Svetske Banke (OP 4.12). Koridori Srbije su dobili zadatak da postave i primene procese pomoću kojih bi postigli slaganje sa zahtevima Međunarodnih finansijskih institucija.

RPF (RAF- Resettlement Policy Framework) uređenja i kriterijume projekta koji će se primeniti na potprojekte koji će se pripremiti tokom implementacije projekta. Sadrži jasne definicije uslova pod kojima će se planirati i sprovesti preseljenje (za određeni projekt, sektorski program ili unutar političkog entiteta kao što je država ili pokrajina). On definiše pitanja kao što su pravo, principi naknade, žalbeni postupci i druge pravne procedure. RPF je potreban za projekte sa podprojektima ili više komponenti koje se ne mogu identifikovati pre procene projekta

Svi projekti koje finansira Svetska Banka, a koji uključuju prinudno raseljavanje, podležu zahtevima Operativne politike Svetske Banke OP 4.12. Ova politika precizira procedure i instrumente za eliminaciju potencijalnih negativnih ekonomskih, socijalnih i uticaja na životnu sredinu. OP 4.12 se ne aktivira samo u slučajevima fizičkog izmeštanja, već i kod bilo kakvog gubitka skloništa, imovine ili pristupa imovini, kao i gubitka prihoda i izvora egzistencije.

Opšti ciljevi OP 4.12 su sledeći:

- (a) Prinudno raseljavanje treba izbeći gde god je moguće, svesti ga na najmanju meru, putem razmatranja svih izvodljivih izmena projekta.
- (b) U situacijama kada raseljavanje nije moguće izbeći, aktivnosti raseljavanja treba da budu osmišljene i sprovedene kao održivi razvojni programi, koji će obezbediti dovoljne resurse za ulaganja, što će omogućiti raseljenim licima da učestvuju u dobrobiti ostvarenoj po osnovu projekta. Raseljena lica treba konsultovati i obezbediti im mogućnost da učestvuju u planiranju i implementaciji programa raseljavanja.
- (c) Raseljenim licima treba pružiti podršku u smislu unapređenja prethodnih izvora egzistencije i životnog standarda ili bar njegovog realnog vraćanja na nivo, ili nivoa koji su bili preovlađujući pre početka implementacije projekta, šta god je više.

OP 4.12 razlikuje tri kategorije lica u smislu podobnosti za odobravanje kompenzacije ili pomoći:

- a. Lica koja imaju zakonsko pravo svojine nad zemljištem (uključujući običajna i tradicionalna prava priznata po osnovu zakona određene zemlje).
- b. Lica koja nisu imala zakonsko pravo svojine nad zemljištem u vreme početka popisa, ali polažu pravo na takve parcele ili imovinu, pod uslovom da su ti zahtevi zakonski priznati, ili će postati priznati primenom procesa preciziranog u pojedinačnim planovima raseljavanja.
- c. Lica koja nemaju priznato zakonsko pravo svojine, niti polažu pravo na zemljište koje su zauzeli.)

Kroz proces implementacije društveno-ekonomskih uticaja nailazilo se na razne dobre i loše stavove i mišljenja. S obzirom da u Srbiji još nije dovoljno razvijana svest kako o uticaju pojedinca tako i o brizi o lokalnoj zajednici koja je pod uticajem izgradnje puta i kako je taj isti uticaj zanemarivan, dolazilo je do raznih prepreka počevši od naših institucija preko direktima učesnicima u izgradnji projekta kao i lokalnom zajednicom. Prilikom izgradnje došlo je do negativnih uticaja kao oštećenje na lokalnim putevima, ograničen pristup zemljišnim parcelama, uticaj miniranja što je sve uticaj lokalnog stanovništva koji se moraju otkloniti po standardima Svetske banke.

Po standardima banke koja je finansirala ovaj projekat, napravljen je RAP da bi se sagledao društveno-ekonomski uticaji i minimalizovao negativan uticaj što je moguće više.

RAP (Resettlement action plan) - Akcioni plan raseljavanja" - Dokument koji je u skladu sa principima i ciljevima politike raseljavanja IFI-a (Međunarodnih finansijskih institucija) i sa ovim Okvirom politike raseljavanja, u kome odgovorna agencija navodi specifične procedure koje će biti primenjene, aktivnosti koje će biti sprovedene i mere ublažavanja koje će biti primenjene radi ublažavanja negativnih uticaja na osobe i zajednice, nadoknade štete i gubitaka, i radi postizanja beneficija i razvoja osobama i zajednicama u određenom području.

S obzirom da je Koridor 10 veliki projekat tako da je tokom realizacije bilo i zadovoljnih i nezadovoljnih ljudi (koji su npr. mislili da su u odnosu na komšiju dobili malu nadoknadu za zemljište - samo jedna od mnogih stvari) i ako se pridavao veliki značaj društveno-ekonomskim uticajima, mada se na svaki način pokušavalo da se umanjí negativan uticaj.

Za razliku od projekta Koridora 10 koji je projekat izgradnje, ovde ćemo više obratiti pažnju na Projekat Rehabilitacije puteva i unapređenja bezbednosti saobraćaja Srpske putne mreže jer se ranije manje pridavalo značaj ovakvim projektima.

## 2.2. PROJEKAT REHABILITACIJE I UNAPREĐENJA BEZBEDNOSTI PUTEVA U SRBIJI

MFI Projekat rehabilitacije puteva i unapređenja bezbednosti saobraćaja (Road Rehabilitation and Safety Project – RRSP) je projekat podrške međunarodnih finansijskih institucija (Svetske banke, Evropske investicione banke i Evropske banke za obnovu i razvoj) Vladi Republike Srbije u implementaciji Nacionalnog programa rehabilitacije državne putne mreže. Ovaj projekat predstavlja realizaciju prve faze Vladinog programa za period 2014-2019. godina i obuhvata:

- unapređenje stanja državne putne mreže kroz rehabilitaciju oko 1,100 km postojećih puteva,
- podizanje nivoa bezbednosti na putevima kroz primenu mera za unapređenje bezbednosti saobraćaja u svim fazama implementacije Projekta, i
- jačanje kapaciteta i unapređenje institucionalne koordinacije u oblasti bezbednosti saobraćaja kroz implementaciju većeg broja različitih usluga.

Institucija zadužena za realizaciju Projekta je Javno preduzeće „Putevi Srbije“ (u daljem tekstu JPPS). U okviru JPPS ustanovljen je Tim za implementaciju projekta (Project Implementation team-PIT) koji treba da sprovede sve potrebne aktivnosti i radnje za uspešno vođenje i okončanje Projekta uz pomoć stručnih službi preduzeća i u saradnji sa drugim zainteresovanim institucijama Vlade Republike Srbije.

Osim izvođenja radova pojačanog održavanja puteva, Projekat obuhvata aktivnosti, procedure i postupke koji prethode ugovaranju radova. Ključni korak ove faze je obezbeđenje Glavnih projekata pojačanog održavanja izrađenih u skladu sa savremenim principima projektovanja bezbednih puteva.

### 2.2.1. Studija slučaja (Case study) - uzeta je deonica IB21 Ivanjica -Sjenica

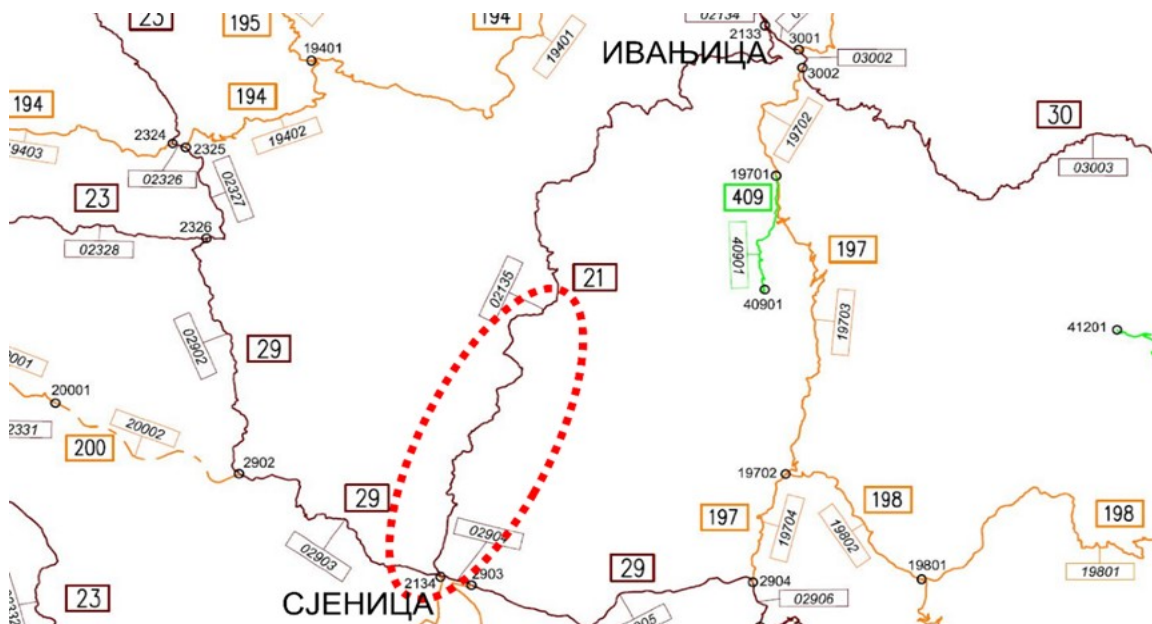
Predmetna deonica pripada Moravičkom i Zlatiborskom upravnom okrugu opštinama Ivanjica i Sjenica. Deonica u dužini od 61.336 km pripada državnom putu IB reda br. 21 (stara oznaka puta R-117) („Službeni Glasnik RS“, br. 93/2015), i predstavlja deo podužne saobraćajne veze kroz zapadni deo Srbije. Početak deonice definisan je na granici opština Ivanjica i Sjenica (približna stacionaža km 288+251) a kraj u čvoru 2134 Sjenica. Jedan deo deonice je i naseljeno mesto tj. grad Sjenica i to oko poslednjih 2km pred čvor 2134 Sjenica.

Table 1 Saobraćajne deonice ili čvorovi prema referentnom sistemu

R.br.	Stara oznaka deonice*	Oznaka deonice	Oznaka početnog čvora	Oznaka završnog čvora	Naziv početnog čvora	Naziv završnog čvora	Dužina deonice (km)
1	1047	02135	2133	2134	Ivanjica	Sjenica	61.336 (**23.036)
<b>Ukupno:</b>							<b>23.036</b>

\* oznaka deonice prema starom referentnom sistemu 2008/2009 (JV CPL- Nievelt)

\*\* dužine poddeonice predviđenih za projektovanje



Slika1 Šematski prikaz deonice

Source: (Izvor, Karta referentnog sistema državnih puteva)

Prema našim zakonima kada se radi rehabilitacija puta ili rekonstrukcija puta u naseljenom mestu, moraju da se rade trotoari i širenje puta kao vrsta bezbednosti pešaka kao učesnika u saobraćaju, tako je to bilo i na ovom delu deonice. Naišlo se na problem moguće 'privatne svojine' oko/na zemljištu puta a to je globalan problem u Srbiji koji se vodi kao istorijska eksproprijacija. Sam pojam istorijske eksproprijacije označava zemljište koje je nekada pre izrade postojećeg puta pretpostavlja se da je dato od privatnih lica koja su želela da se taj put asfaltira i uredi prilaz do njihovog imanja nekim usmenim dogovorom (ovo je samo pred postavka, nije potvrđena činjenica je su ljudi imali razne priče ali niko dokumentaciju da potvrdi) i kad je sve to digitalizovano i prebačeno u državno zemljište, narod još uvek tvrdi da je to njihovo. Narod čije je zemljište u kontaktu sa putem tj. neposredno pored puta je tvrdio da je put prešao preko njihovog zemljišta i ako je katastar pokazivao da je to zemljište državno pa čak i da su privatni vlasnici zauzeli deo državnog zemljišta. Samo mali broj ljudi je katastarski mogao da dokazuje da na mestu gde bi trebalo da budu trotoari je zaista u njihovom posedu tj. privatna svojina i da će se morati izvršiti eksproprijacija.

Po našim zakonima proces eksploatacije počinje kada Korisnik eksploatacije obezbedi neophodna novčana sredstva za taj proces. Procedura eksproprijacije počinje podnošenjem Predloga za eksproprijaciju od strane predstavnika Korisnika eksproprijacije nadležnoj opštinskoj upravi („organ koji vodi postupak eksproprijacije”). U konkretnom slučaju, predlog je sačinjen za svako lice pod uticajem projektnih aktivnosti, a uključuje i površinu zemljišta, procenu pravične vrednosti sve nepokretne imovine, obrazloženje potrebe svake pojedinačne eksproprijacije, zajedno sa potvrdom da su projektne aktivnosti uključene u relevantan regionalni i/ili prostorni plan. Kada je predlog podnet zajedno sa prapatnom dokumentacijom, Opština svakom licu pod uticajem projektnih aktivnosti šalje poziv za saslušanje. Poziv mora da sadrži naveden razlog, vreme i mesto saslušanja, kao i da sadrži spisak dokumentacije koja će biti prezentovana i predmet diskusije. Nakon okončanja saslušanja svih lica pod uticajem Projekta, donosi se Rešenje o eksproprijaciji. Zakonu o eksproprijaciji koji se bavi promenom oblika svojine nad nepokretnošću (prelazak privatne svojine u javno vlasništvo) Kao prvenstvena pretpostavka ublažavanja uticaja eksproprijacije u smislu ovog zakona se definiše novčana naknada koja ne može biti niža od tržišne vrednosti nepokretnosti. Na taj način se vrednuje samo konkretna nepokretnost, a nikako se ne može nadoknaditi gubitak prava na rad i prihoda, gubitak integriteta i dr. Mada, zakon je predvideo i mogućnost kompenzacije drugom nepokretnošću za poljoprivredno zemljište radi izgradnje linijskih infrastrukturnih objekata, zatim za objekte za uzgoj stoke i smeštaj ili preradu poljoprivrednih proizvoda, stambenu zgradu ili stan, poslovne prostorije. Može se istaći da je ovo pozitivan primer rešavanja problema i veoma često se takav primenjuje u međunarodnoj praksi u ruralnim i nerazvijenim oblastima.

Pored Zakona o eksproprijaciji, Zakon o obligacionim odnosima omogućava licima koja nisu u direktnom kontaktu sa eksproprijacijom da ostvare nadoknadu usled loših uticaj tj štete ili gubitka nastale u izvođenju projekta.



Na prvom sastanku lokalne uprave, investitora i projektanta vezanim za izgradnju trotoara uvidelo se da pored eksproprijacije biti i pomeranja ograda što dovodi do pitanja o društveno ekonomskom uticaju ljudi pa je posle konsultacija i sa svetskom bankom koja je uvidela da treba izrada Skraćenog akcionog plana raseljavanja (SAPR), uključen konsultant za socijalna pitanja.

SAPR predstavlja dokument kojim se preciziraju procedure koje je neophodno poštovati, kao i aktivnosti koje će biti preduzete u skladu sa principima i ciljevima Operativne Politike Svetske Banke (kreditora Projekta) OP 4.12 (Prinudno raseljavanje), kao i sa Okvirnom Politikom Raseljavanja (OPR), usvojenom za potrebe Projekta rehabilitacije puteva i unapređenja bezbednosti saobraćaja. Cilj je ublažavanje negativnih uticaja, kompenzacija gubitaka i obezbeđivanje razvojnih pogodnosti za lica i zajednice koje su pod uticajem projektnih aktivnosti, u slučajevima kada je manje od 200 osoba pogođeno projektnim aktivnostima, ili kada su uticaji raseljavanja neznatni.

Predstavnici opštine su zajedno izrazili spremnost da aktivno učestvuje u implementaciji Projekta i doprinese rešavanju problema uzurpacije državnog zemljišta od strane privatnih ograda kao i eksproprijacije privatnog zemljišta radi izgradnje trotoara koji predstavlja važan korak ka povećanju bezbednosti učesnika u saobraćaju na ovom delu puta naročito kad se uzme u obzir dnevne migracije učesnika tj. najviše dece na putu ka školi i natrag. Došlo je samo do nerazumevanja u načinu otklanjanja problema uzurpacije površina koje su bile potrebne za izradu trotoara. Lokalna samouprava koja nije shvatala činjenicu da na ovom projektu ne mogu samo poslati građevinskog inspektora na teren, iako po srpskim zakonima sa bespravno izgrađenom ogradom ili pak kućom trebalo bi da se pozabavi građevinski inspektor i vratiti ograde ili sruši delove izgrađene na ivicu privatnog tj. državnog zemljišta. Ovakav način izgradnje tj. rušenja ne podržava Svetska banka jer nije po njenim standardima i veoma brine o društveno-ekonomskim uticajima tog stanovništva koje je pod uticajem, bilo da je pravno ili bespravno na tom delu.

Po principima Svetske banke, pri određivanju naknade ne pravi se razlika između legalnih i nelegalni objekata, što potvrđuje dosadašnja praksa rešavanja eksproprijacije na terenu. Sudska praksa je takva da se nikada ne osporava pravo na naknadu ranijim vlasnicima. Shodno tome, u oba slučaja (eksproprijacija i pomeranje ograda) sudski veštaci izlaze na teren i procenjuju vrednost imovine koja je pod uticajem Projekta, svakom vlasniku se dostavlja ponuda, nakon čega se potpisuje sporazum.

Prvi obilazak tima konsultanta posetio je grad Sjenicu da bi sproveo Preliminarnu socijalnu anketu sa potencijalnim osobama pogođenim projektom (OPP- Project Affected People (PAP)) koje su identifikovane kao potencijalno ugrožene implementaciju Projekta rehabilitacije i sigurnosti puteva (RRSP), konkretnije, izgradnjom predviđanih trotoara.

Svrha Preliminarnog socijalnog istraživanja bila je da se predstavnici potencijalnih pogođenih osoba (OPP) upoznaju sa projektom i da iz prve ruke dobiju informacije od predstavnika opštine Sjenica i konsultanta u vezi sa mogućim načinom kompenzacije za ograde i pomoćne strukture. Za istraživanje ovog pitanja korišten je upitnik koji su prethodno odobrili predstavnici Svetske banke. OPP su uzimati osnovni podaci kao i podaci parcela koji poseduju koja je pod uticajem projekta pa im je tada naznačeno koji je uticaj na njihovu parcelu, eksproprijacija ili samo pomeranje ograde ili pak oba slučaja.

Ljudi su konsultovani da li žele trotoare ako moraju da daju deo zemljišta i objašnjene su im pogodnosti. Lokalna zajednica je uglavnom bila skeptična i držala se na distanci i ako je dosta ispitanika bila pozitivno iznenađena i prihvatila ideju izrade trotoara. Obilazak lokalne zajednice je bio i u dogovoru sa lokalnom upravom koja je još uvek insistirala da će to ljudi kako tako morati da prihvate da daju deo zemljišta jer ipak trotoar povećava sigurnosti pesaka a najpre dece na putu.

Kad je završen prvi krug anketiranja moglo se zaključiti i ako je stanovništvo pod uticajem bilo većinom za izradu trotoara radi poboljšanja bezbednosti a naročito dece, mada se nailazio i na negodovanje nekolicine ljudi pod uticajem koji nisu želeli po svaku cenu da daju ni pedalj svog zemljišta.

Posle analiziranja podataka sa terena sazvan je sastanak u kome su učestvovali investitor, projektant, tehnička kontrola i konsultant i smatrano je da se promenom projektnog rešenja na nekim delovima otkloniti uticaj nekolicine ispitanika a pogotovu onih koji nisu dali pristanak izmeštanja ograde/eksproprijacije. Međutim, došlo je do nerazumevanja razloga promene preliminarnog rešenja zbog pridavanja značaja društveno-ekonomskih uticaja jer su to u suštini jako male površine ( od 0.5m<sup>2</sup> pa do otprilike 12m<sup>2</sup>) i koje su delovale mizerno u odnosu na značajnost izrade trotoara jer će se samim tim i negde morati suziti profil

trotoara. Ali posle izlaganja konsultanta i pridavanju značaju uslova kreditora, učesnici sastanka su dogovorili da će učiniti sve da se projektno rešenje uskladi sa zahtevima. Tada je otpočela komunikacija sa projektantom i uložili su se naponi da se dođe do pravog optimalnog rešenja trase puta i da se izbegnu nezadovoljni ljudi ili pak objekti koji su sastavni deo kuće, tačnije da se što više smanje negativni uticaji ili pak ako je moguće odstrane svi. Projektant uz sugestije konsultanta je pokušao i pomeranjem osovine i ivičnom geometrijom da izbegne parcele sa ispitanicima koji nisu pristali da se njihovo zemljište tj. ograde bude uzurpirano zbog izrade trotoara.

Posle nekoliko meseci i komunikacije investitora, projektanta i konsultanta došlo je do usklađenog preliminarnog rešenja, konsultant je ponovo izašao na teren sa novom anketom, socijalno-ekonomski istraživanje za potrebe izrade Skraćenog akcionog plana raseljavanja kao i sastanak sa lokalnom upravom. Lokalna samouprava polako je shvatala standarde i principe banke koja finansira projekat i nije insistirala na agresivnim merama već prihvatila način rada.

Anketirane su OPP tj. novi uticaji i osim osnovnim podataka tražene su generalne informacije o imovini pod uticajem kao kako upotrebljavaju parcelu (npr. poljoprivreda, stočarstvo ili pak samo okućnica) i koji deo parcele je pod uticajem. Zatim su tražene osnovne informacije o članovima domaćinstva, godine pol, zanimanje pa tako i da li možda postoje specifični problemi, hronična oboljenja, nezaposlenost, mentalni ili fizički problemi ili slično. Na kraju su pitani da se izjasne koji su mesečni prihodi celog domaćinstva i kako procenjuju njihovo socijalno i ekonomsko stanje domaćinstva. S obzirom da je ovo bio drugi krug ispitivanja i da je lokalno stanovništvo već upoznato sa činjenicom predstojećeg projekta rehabilitacije puta i izrade trotoara bilo je veoma pozitivno i radovalo se rehabilitaciji predstojećeg puta i izradi trotoara.

Nakon anketa je izrađen ARAP i predstoji predstavljanje ARAP-a u lokalnoj zajednici gde će se ljudima pojasniti i sam tok eksproprijacije.

Bez obzira na jako male površine uticaja i uglavnom veoma mala pomeranja ograde (na nekim mestima samo 0.5m<sup>2</sup>), društveno-ekonomski uticaji su se morali ispoštovati pa i po tu cenu odlaganja početka izvođenje dok se eksproprijacija ne završi.

Kroz projekat ove deonice Svetska banka je uspela sa investitorom da već od projektovanja brine o društveno-ekonomskim uticajima pogođenog stanovništva. Pravovremeno je konsultovana lokalna zajednica i predupređen socijalni uticaj na osnovni nivo.

### **3. ZAKLJUČAK**

Društveno-ekonomski standardi su jako značajni za sve vrste projekta a veoma u linijskoj infrastrukturi. Značajno je istaći da je investitorova obaveza upravljanje društveno-ekonomskim uticajima. Potrebno je ostvariti punu saradnju sa odgovarajućim državnim institucijama, ali i ne dozvoliti da postupak preraste u ispunjavanje formalnih obaveza.

U našem zakonu postoji namera ali još uvek nema konkretna definicija za upravljanje društveno-ekonomskim uticajima ali s obzirom da smo u redu kandidata za Evropsku uniju pa i naši zakoni zbog toga moraju da se približe njihovim, smatram da će i uskoro i to ući u naše zakone a onda polako u institucije i projekte.

U Srbiji već dosta dugo je zanemarivan ljudski faktor tokom izgradnje. Dakle, samim tim što se nešto gradi, to je dovoljno dobro za zajednicu pa je zapostavljeno sve ostalo ali dok se gradi možda sam proces ugrožava neke ljude u neposrednoj okolini i onemogućava njihov normalan život i rad.

S obzirom da u poslednjih godina ima dosta projekata koji finansira MFI a samim tim i njihovi standardi dopiru do učesnika u projektu kao i društveno ekonomski standardi pa i do javnih institucija i stanovništva pod uticajem to znaci da polako i dolazi do svesti ljudi u našoj okolini. Ljudi polako uviđaju da osim realizacije projekta i konačnog ishoda puta/zgrade/hidroelektrane itd. i grupe stanovništva koja će eksploatisati taj projekat imamo još jedan značajna faktor a to je ljudski faktor tj. stanovništvo koje je pod uticajem projekta.

## Literatura

- [1] Ustav Republike Srbije, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 98/06
- [2] Zakon o putevima, Službeni glasnik Srbije, br. 41/2018 i 95/2018
- [3] Zakon o eksproprijaciji, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 53/95, 20/09, 55/13
- [4] Zakon o eksproprijaciji, Službeni list Savezne Republike Jugoslavije, br. 16/01
- [5] Zakon o obligacionim odnosima, Službeni list Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, br. 29/78, 39/85, 57/89
- [6] Zakon o obligacionim odnosima, Službeni list Savezne Republike Jugoslavije, br. 31/93
- [7] Zakon o obligacionim odnosima, Službeni list Srbije i Crne Gore, br. 1/03
- [8] Zakon o investiranju, Službeni list Srbije, br. 89/15
- [9] Zakon o potvrđivanju konvencije o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije-Međunarodni ugovori, br. 38/09
- [10] 2016. Environmental and Social Framework, Setting Environmental and Social Standards for Investment Project Financing, World Bank, Washington, D.C. Dostupno na: <https://consultations.worldbank.org/consultation/review-and-update-world-bank-safeguard-policies> (12.07.2019)
- [11] 2012. IFC Performance Standards on Environmental and Social Sustainability, International Finance Corporation, Washington, D.C. Dostupno na: [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics\\_Ext\\_Content/IFC\\_External\\_Corporate\\_Site/Sustainability-At-IFC/Policies-Standards/Performance-Standards](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Sustainability-At-IFC/Policies-Standards/Performance-Standards) (12.07.2019)
- [12] 2014. Environmental and Social Policy, European Bank for Reconstruction and Development, London. Dostupno na: <http://www.ebrd.com/who-we-are/our-values/environmental-and-social-policy.html> (12.07.2019)
- [13] 2015. Performance Requirements and Guidelines, European Bank for Reconstruction and Development, London. Dostupno na: <http://www.ebrd.com/who-we-are/our-values/environmental-and-social-policy/performance-requirements.html%20> (12.07.2019)
- [14] 2015. Procedures for Environmental and Social Appraisal and Monitoring of Investment Projects, European Bank for Reconstruction and Development, London.
- [15] 2009. The EIB Statement of Environmental and Social Principles and Standards, European Investment Bank, Luxembourg. Dostupno na: <http://www.eib.org/infocentre/publications/all/environmental-and-social-principles-and-standards.htm> (12.07.2019)
- [16] 2013. Environmental and Social Standards, Overview, European Investment Bank, Luxembourg. Dostupno na: <http://www.eib.org/infocentre/publications/all/environmental-and-social-standards-overview.htm> (12.07.2019)
- [17] 2014. Environmental and Social Handbook, European Investment Bank, Luxembourg. Dostupno na: <http://www.eib.org/infocentre/publications/all/environmental-and-social-practices-handbook.htm> (12.07.2019)
- [18] History about World Bank. Dostupno na: <https://www.worldbank.org> (12.07.2019)
- [19] History about EBRD. Dostupno na: <https://www.ebrd.com/who-we-are/history-of-the-ebrd.html> (12.07.2019)
- [20] History about EIB. Dostupno na: [https://www.eib.org/en/about/key\\_figures/timeline/index.htm](https://www.eib.org/en/about/key_figures/timeline/index.htm) (12.07.2019)

# IZRADA PROPUSTA ZA MIGRACIJU SITNIH ŽIVOTINJA U OKVIRU ZAŠTITNE ZONE SPECIJALNI REZERVAT PRIRODE “LUDAŠKO JEZERO” IZMEĐU NASELJA HAJDUKOVO I PALIĆ

**Branimir Ivanković<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> SUPROJEKT, [b.ivankovic@suprojekt.rs](mailto:b.ivankovic@suprojekt.rs)

**Nikola Vasiljević<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> SUPROJEKT, [nivasiljevic@suprojekt.rs](mailto:nivasiljevic@suprojekt.rs)

**Rezime:** U okviru izrade projekta kolovoza ulice u ataru između naselja Palić i Hajdukovo deo trase kolovoza se nalazi u zaštitnoj zoni SRP „Ludaško jezero“, zbog čega su zatraženi preprojektirani uslovi Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode iz Novog Sada. U arealu jezera Ludaš evidentirano je više vrsta vodozemaca, gmizavaca i sitnih sisara koje je potrebno zaštititi od uticaja odvijanja saobraćaja, a naročito u vreme parenja i migracija od područja staništa prema područjima gde se razmnožavaju. Zaštitne strukture za životinje su sigurna i efikasna mera u korist očuvanja biološke raznovrsnosti. Ovi elementi takođe doprinose bezbednosti na putevima. Zbog visoke nabavne cene ovih elemenata od polimer betona projektom je obrađena izrada elemenata od domaćih materijala sa cement betonom.

**Ključne reči:** Specijalni rezervat prirode, kolovoz, zaštita faune, propust, zaštitni zid

## BUILDING OF PLAIN CONCRETE PIPE FOR SMALL ANIMALS MIGRATION IN THE SCOPE OF PROTECTED ZONE SPECIAL NATURE RESERVATION “LUDAŠKO JEZERO” BETWEEN HAJDUKOVO AND PALIĆ SETTLEMENTS

**Branimir Ivanković<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> SUPROJEKT, [b.ivankovic@suprojekt.rs](mailto:b.ivankovic@suprojekt.rs)

**Nikola Vasiljević<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> SUPROJEKT, [nivasiljevic@suprojekt.rs](mailto:nivasiljevic@suprojekt.rs)

**Abstract:** In the scope of the construction of a roadway design in the suburb between the settlements Palić and Hajdukovo, part of the route is located in the protection zone SRP "Ludaško jezero". This is the reason why the pre-designing conditions of the Provincial Institute for Nature Protection from Novi Sad have been requested. Several species of amphibians, reptiles and small mammals was registered in Ludaš Lake area, which must be protected against the impact of traffic flows, especially during mating and migration from habitats to areas where they are reproducing. Protective structures for animals are a safe and effective measure of benefit for preserving biodiversity. These elements also contribute to road safety. Because of the high purchase cost of these elements from polymer concrete, the design has involved the production of elements of domestic materials with cement concrete.

**Keywords:** Special nature reserve, road, protection of fauna, plain concrete pipe, protecting wall.

### 1. UVOD

U okviru izrade projekta kolovoza ulice Jožefa Atila u ataru između naselja Palić i Hajdukovo deo trase kolovoza se nalazi u zaštitnoj zoni specijalnog rezervata prirode „Ludaško jezero“. U arealu jezera Ludaš evidentirano je više vrsta vodozemaca, gmizavaca i sitnih sisara koje je potrebno zaštititi od uticaja odvijanja saobraćaja, a naročito u vreme parenja i migracija od područja staništa prema područjima gde se razmnožavaju. Prema uslovima Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode potrebno je u projektu dati tehničko rešenje zaštite faune ovog područja. Zaštitne strukture za životinje su sigurna i efikasna mera u korist očuvanja biološke raznovrsnosti. Ovi elementi takođe doprinose bezbednosti na putevima. U zemljama evropske unije povezivanje ovih prirodnih površina vrši se ispod kolovoza kroz propuste-tunele namenski osmišljenim elementima izrađenim od polimer betona.

<sup>1</sup> Branimir Ivanković: [b.ivankovic@suprojekt.rs](mailto:b.ivankovic@suprojekt.rs)

<sup>2</sup> Nikola Vasiljević: [nivasiljevic@suprojekt.rs](mailto:nivasiljevic@suprojekt.rs)

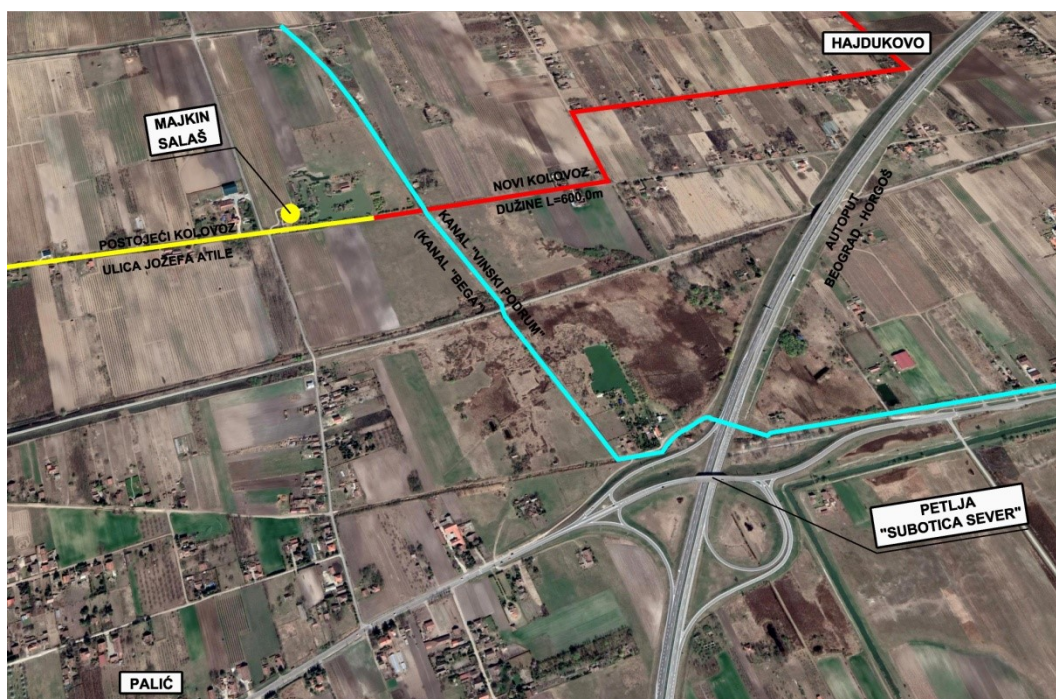
Zbog visoke nabavne cene ovih elemenata napravljenih od polimer betona projektom je obrađena izrada elemenata od domaćih materijala sa cement betonom što je znatno jeftinije i pretpostavka garanciji da će se ovakvi objekti i izvoditi.

Ispunjavajući ove zahteve, projektom je predviđena izrada propusta t.j. kanala sa linijskom rešetkom za prolaz sitnih životinja (vodozemci, gmizavci i sitni sisari) ispod kolovoza, i oni će se izvesti na saobraćajnici i kolskim prilazima za okolne parcele. Ovim projektom je predviđena i izrada zaštitnih zidova u bankini koji sprečavaju dolazak sitnih životinja na kolovoz, a ti zidovi ih usmeravaju i do prolaza ispod kolovoza.

## 2. IZRADA PROPUSTA ZA MIGRACIJU SITNIH ŽIVOTINJA U OKVIRU ZAŠTITNE ZONE SRP "LUDAŠKO JEZERO" IZMEĐU NASELJA HAJDUKOVO I PALIĆ

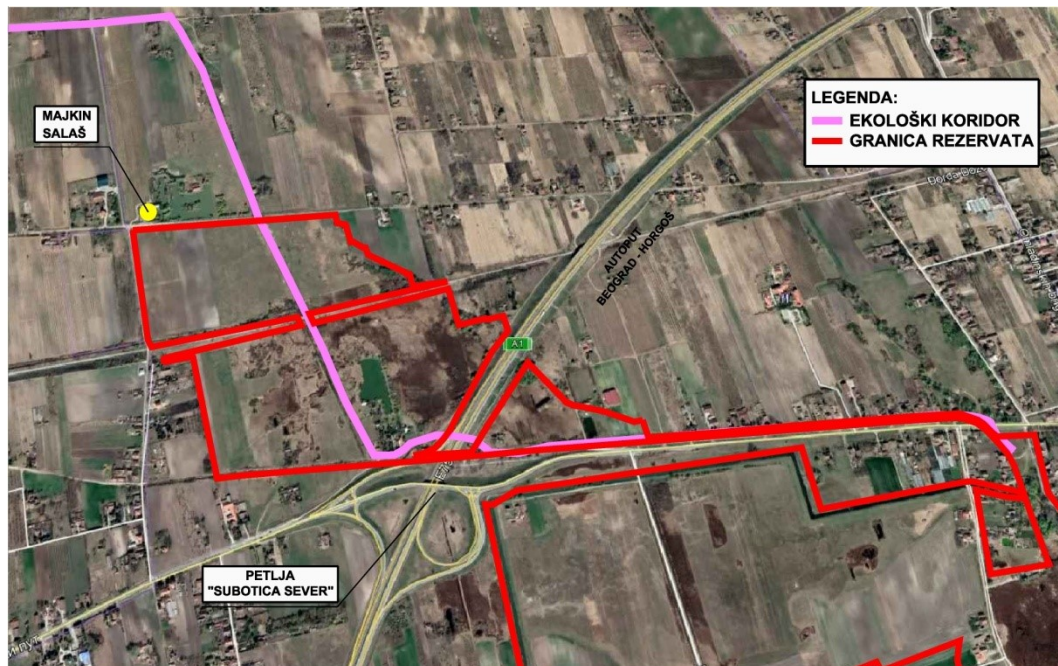
Glavni projekat kolovoza obuhvata sledeće delove:

- A) Građevinsko rešenje kolovoza,
- B) Dogradnja postojećeg propusta Ø1000 produženjem cevi propusta i izradom novog AB čeonog zida,
- C) Izrada prolaza za sitne životinje ispod kolovoza i
- D) Izrada zaštitnih AB zidova u bankini kolovoza za sprečavanje dospevanja sitnih životinja na kolovoz.



Slika 1. PREGLEDNA KARTA

Izvor: (www.google.com/earth)



**Slika 2. EKOLOŠKI KORIDOR I GRANICE REZERVATA**  
 Izvor: (Pokrajinski zavod za zaštitu prirode)

## 2.1. GRAĐEVINSKO REŠENJE KOLOVOZA

U ovom elaboratu neće se detaljnije obrađivati izgradnja samog kolovoza jer je težište prezentacije na izgradnji konstrukcija i elemenata u funkciji obezbeđenja efikasnosti ekološkog koridora za normalno funkcionisanje biodiverziteta okolnih prostora.

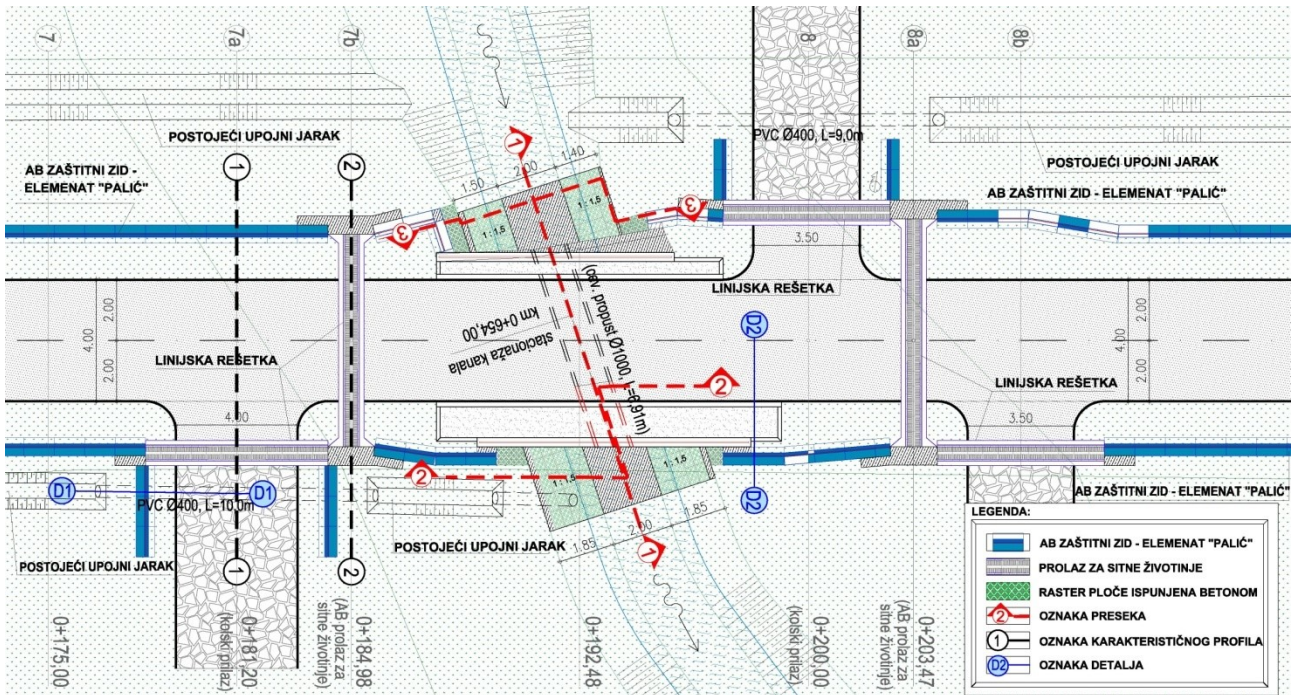
Prema zahtevu iz projektnog zadatka potrebno je obuhvatiti radove na dogradnji (produženju) cevastog propusta na meliorativnom kanalu Bega i ispuniti uslove Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode.

Deonica projektovanog kolovoza u dužini 600,00m, se nalazi u delu naselja Palić, pored turističkih objekata Majkin salaš i Cvetni salaš. Prema Lokacijskoj dozvoli, ukupna širina kolovoza iznosi 4,00m sa jednostranim poprečnim padom a kolovoz je dimenzionisan za lako saobraćajno opterećenje.

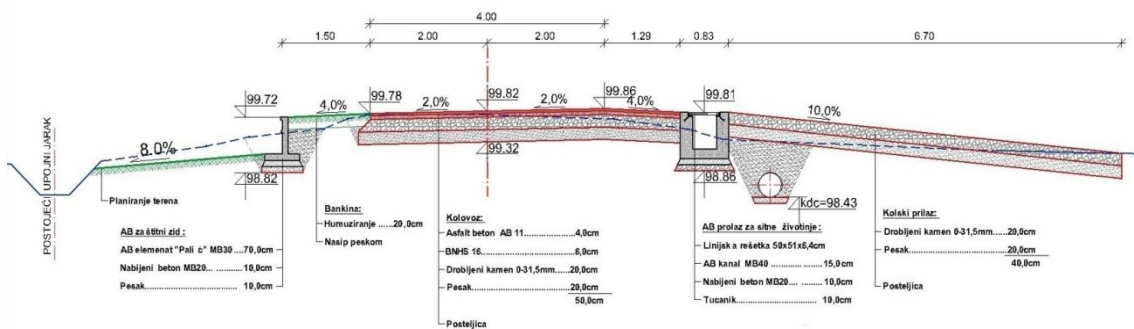
### 2.1.1. Situacioni plan

Na stacionaži kolovoza 0+192,48m trasa saobraćajnice ulice Jožefa Atila, prelazi kanal "Vinski podrum" (drugi naziv je kanal "Bega") – stacionaža kanala km 0+654m.

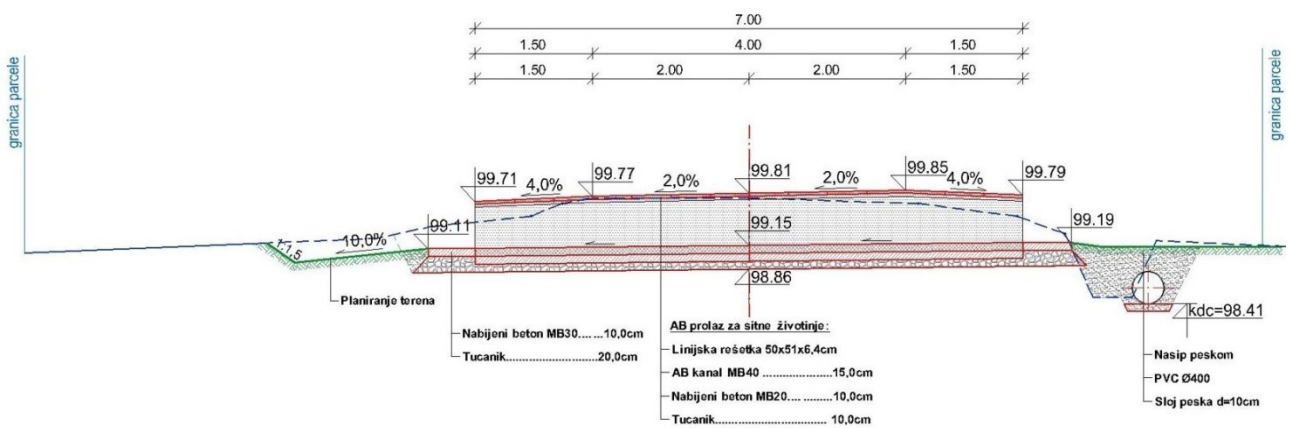
Na situacionom planu su označeni uzdužni presek kroz cevasti propust (presek 1-1), karakteristični profil puta na mestu kolskog prilaza (profil 1-1) i karakteristični profil kroz AB prolaz - propust za sitne životinje (profil 2-2).



Slika 3. SITUACIONI PLAN  
Izvor: (Suprojekt)



Slika 4. KARAKTERISTIČNI PROFIL KOLOVOZA 1-1  
Izvor: (Suprojekt)



Slika 5. KARAKTERISTIČNI PROFIL 2-2  
Izvor: (Suprojekt)

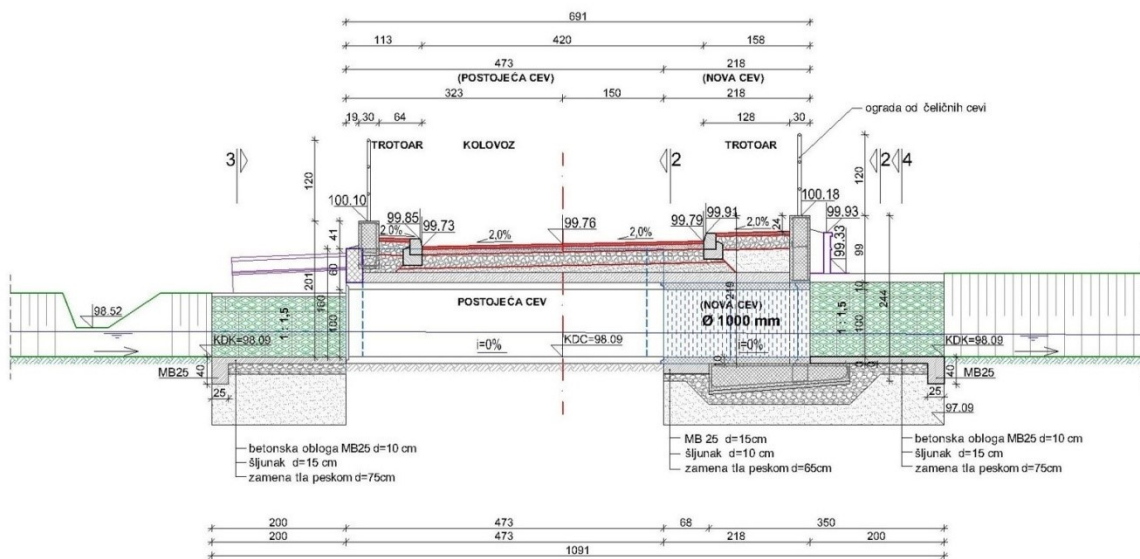
## 2.2. DOGRADNJA POSTOJEĆEG PROPUSTA Ø1000 PRODUŽENJEM CEVI PROPUSTA

Na stacionaži kolovoza 0+192,48 trasa saobraćajnice prelazi kanal "Vinski podrum" (drugi naziv je kanal "Bega").

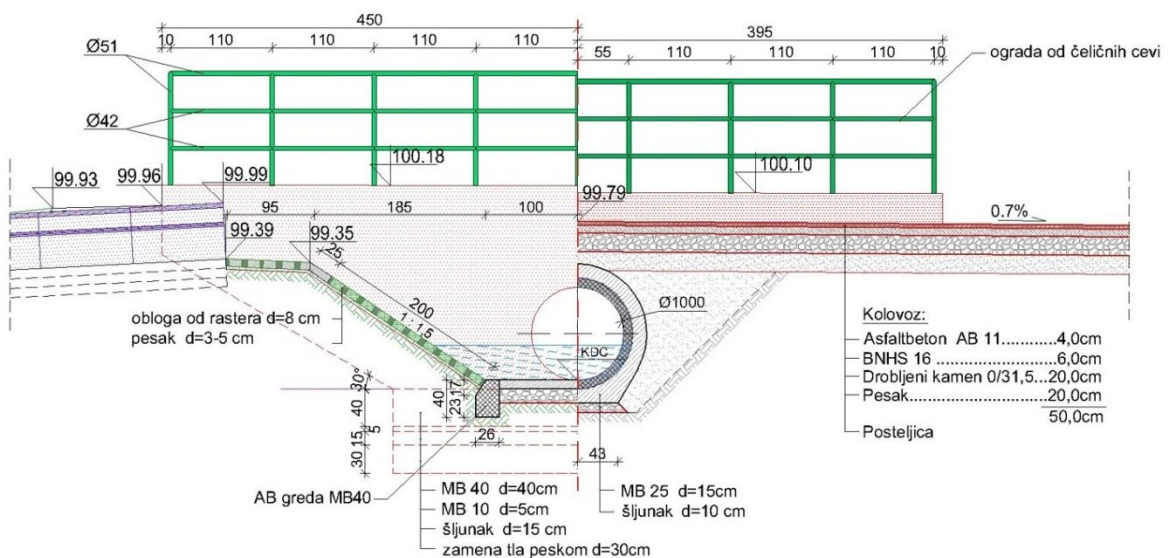
Kanal je u vlasništvu Javnog vodoprivrednog preduzeća "Vode Vojvodine" Novi Sad i prema izdatom Mišljenju u postupku izdavanja vodnih uslova izvršiće se rekonstrukcija postojećeg cevastog propusta. Postojeći propust je izrađen od betonske cevi Ø1000, ukupne dužine cevi L=4,73m, a njegova osovina je pod uglom 72° u odnosu na osovину kolovoza.

Produženje propusta će se izvesti sa nizvodne strane kanala sa novom armirano betonskom cevi Ø1000 u dužini L=2,18m, čime ukupna dužina propusta iznosi L=6,91m.

Dispozicija propusta Ø1000 i mesto prikazanih preseka je obeleženo na Situacionom planu - Slika br. 4.

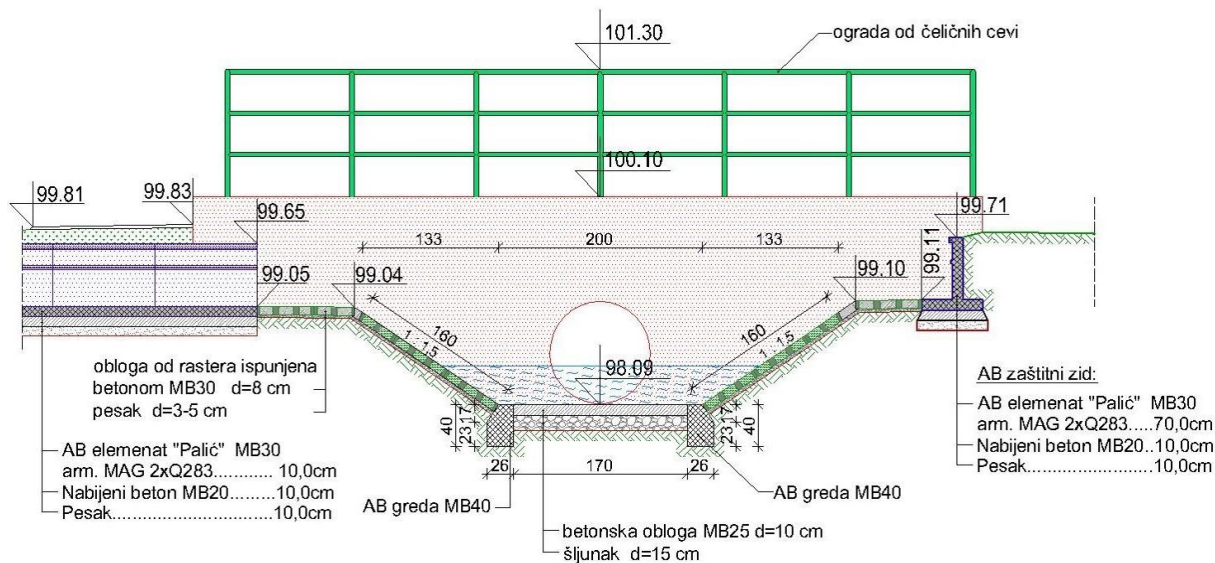


**Slika 6. PRESEK 1-1**  
Izvor: (Suprojekt)



**Slika 7. PRESEK 2-2**  
Izvor: (Suprojekt)





**Slika 8. PRESEK 3-3**

Izvor: (Suprojekt)

### 2.2.1. Oblaganje kanala ispred i iza propusta prefabrikovanim elementima – raster pločama (Sl. 8)

Prema uslovima Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode, potrebno je obezbediti prostor za migraciju sitnih životinja uz obalu sa obe strane kanala.

Projektom je predviđeno oblaganje kosine kanala "Vinski podrum" sa obe strane ispred čeonog zida. Oblaganje kosina se vrši prefabrikovanim vibropesovanim betonskim raster pločama d=8cm (dim. 40,0x60,0cm), postavljenih na sloju rečnog peska d=3cm, prema dispoziciji i kotama iz grafičkih priloga u projektu.

Nakon postavljenih betonskih elemenata, izvršiće se zapunjavanje šupljina u raster pločama betonom na obalnom delu, a na kosini kanala raster ploče se pune humusom da bi se na uređenim kosinama kanala obrazovao sloj vegetacije.



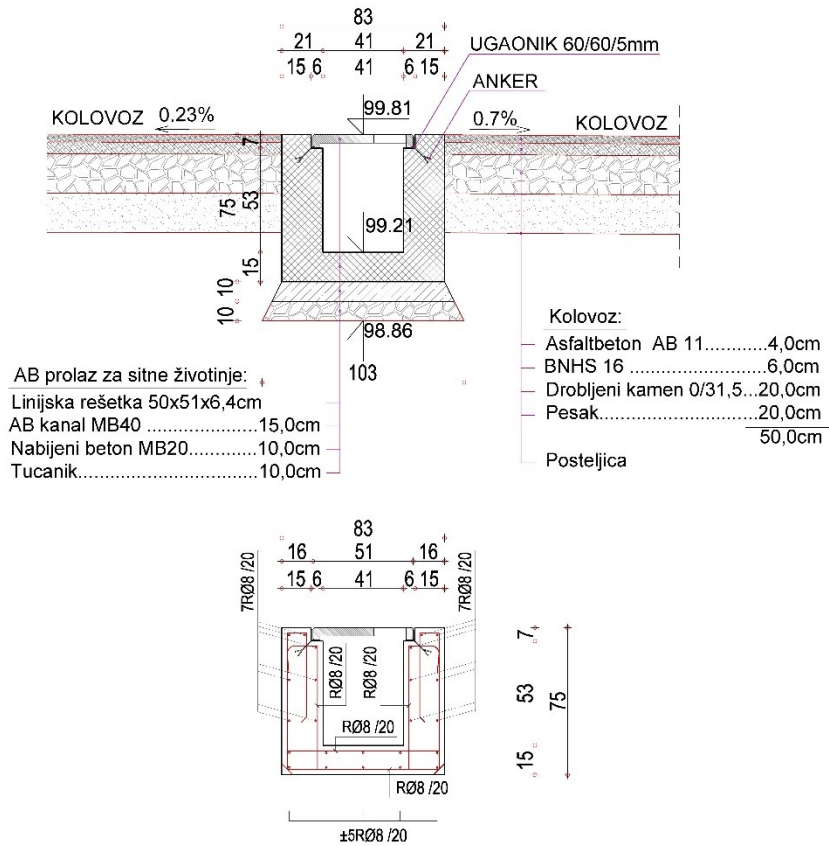
**Slika 9. RASTER PLOČA**

Izvor: (behaton-ploce-vibbet.com)

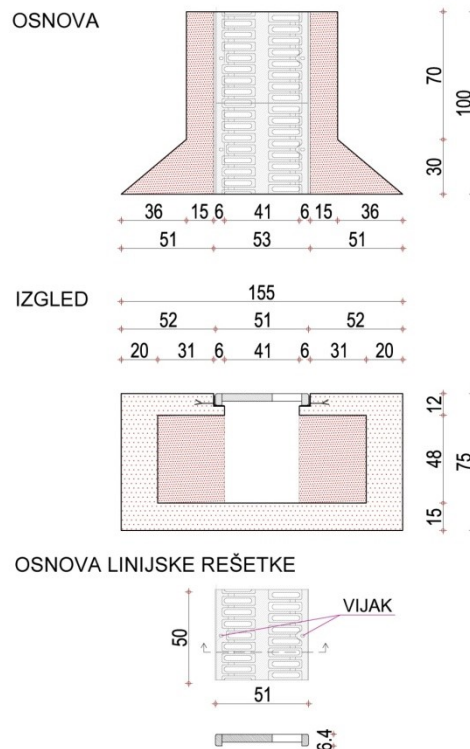
### 2.3. IZRADA PROLAZA ZA SITNE ŽIVOTINJE ISPOD KOLOVOZA

Ispunjavajući zahtev Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode, projektom je predviđena izrada AB kanala-propusta sa linijskom rešetkom, za prolaz sitnih životinja (vodozemci, gmizavci i sitni sisari) ispod kolovoza, koji će se izvesti na kolovozu i kolskim prilazima za okolne parcele. Konstrukcija ovog elementa mora obezbediti mikro klimu u samom propustu kao što je i mikro klima okolnog terena.

Prolaz za sitne životinje se radi kao armirano betonski pravougaoni kanal širine b=83cm i visine h=75-80cm, dimenzije svetlog otvora iznose 41cm x 53cm(58cm), od armiranog betona MB40, armiran prema detaljima iz projekta.



**Slika 10. PROLAZ ZA SITNE ŽIVOTINJE SA LINIJSKOM REŠETKOM**  
Izvor: (Suprojekt)



**Slika 11. ULAZNI ELEMENAT AB PROLAZA**  
Izvor: (Suprojekt)

Kanal se pokriva liveno železnom linijskom rešetkom koja se postavlja u ram. Otvori u linijskoj rešetki omogućavaju strujanje vazduha, vlage i svetla u propustu za vodozemce, tako da je mikroklima slična kao i spolja.

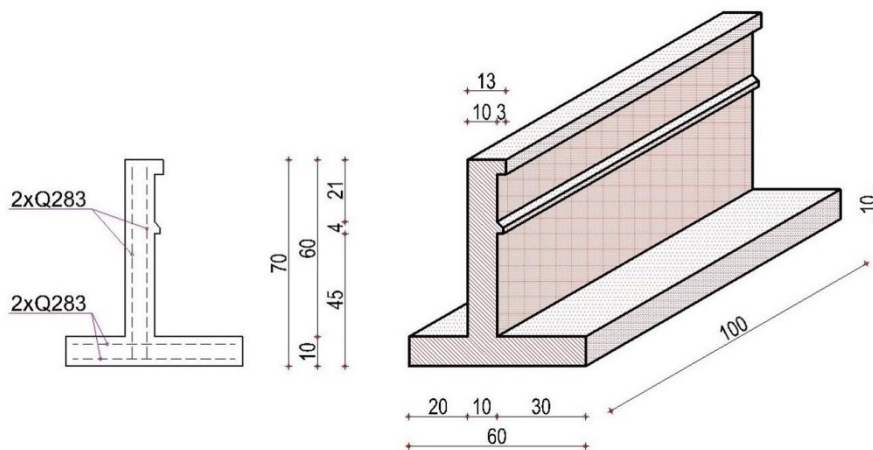
Glatka površina unutar propusta omogućava jednostavno održavanje, a vodozemcima i malim sisarima bezbedan prolaz bez mogućnosti za ozleđivanje.

Da bi se zaštitili i da bi se sprečio dolazak vodozemaca i sitnih životinja na kolovoz upotrebljena je kombinacija elemenata vertikalnog zida i zakošenih elemenata na ulaznim portalima u propust.

## 2.4. IZRADA ZAŠTITNIH ZIDOVA U BANKINI KOLOVOZA ZA SPREČAVANJE DOSPEVANJA SITNIH ŽIVOTINJA NA KOLOVOZ

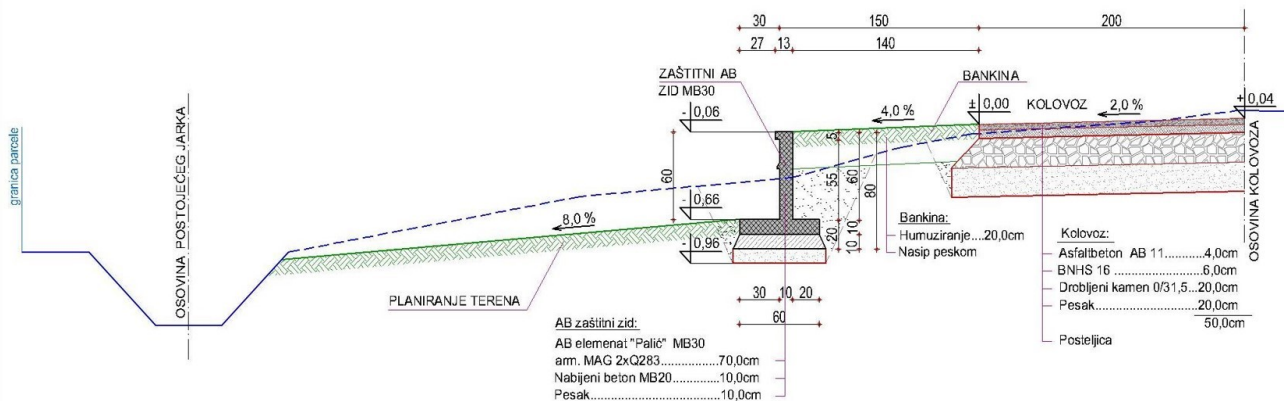
Ispunjavajući zahtev Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode, projektom je predviđena izrada zaštitnog vertikalnog zida u bankini kolovoza. Funkcija zida je da spreči dolazak vodozemaca i sitnih životinja na kolovoz i da ih usmeri prema prolazima – propustima ispod kolovoza. Zbog samog lokaliteta Palić-Ludaš i očuvanja prirodnog stanja na ovim jezerima i njihovoj okolini ovoj zaštitnoj konstrukciji je dat radni naziv "element Palić".

Montažni zid izrađuje se kao AB prefabrikovani element u glatkoj (čeličnoj) oplati. Radovi na izradi zaštitnog zida u bankini kolovoza obuhvataju izradu montažnog zida i njegovu ugradnju na terenu.

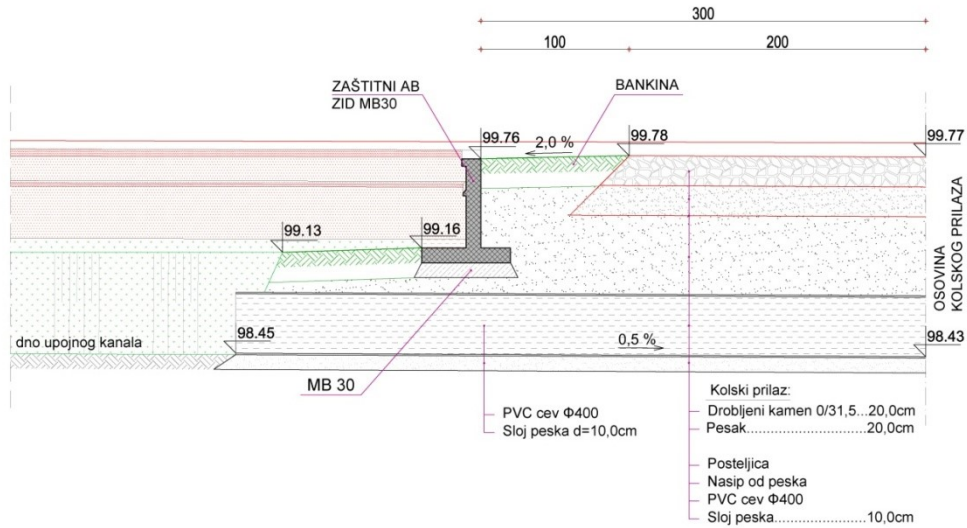


Slika 12. ZID-ELEMENAT „PALIĆ“  
Izvor: (Suprojekt)

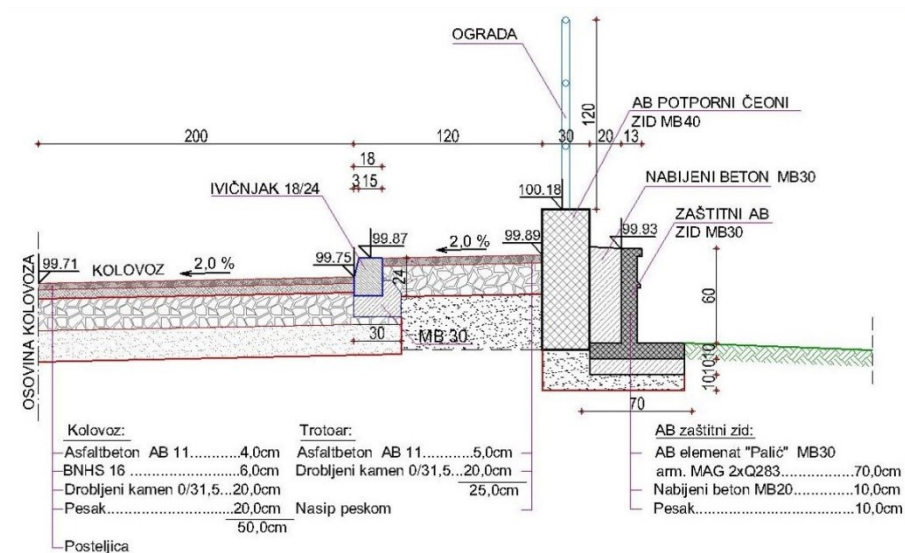
AB element „Palić“ se izrađuje od armiranog betona MB 30 i ukupne je visine  $h=0,70\text{m}$ , dužine  $L=1,00\text{m}$ . Zid se postavlja na sloj nabijenog betona MB 20  $d=10\text{cm}$  na pripremljenoj podlozi od peska  $d=10\text{cm}$ . Obračun radova se vrši po metru dužnom postavljenog AB elementa.



Slika 13. POLOŽAJ ZAŠTITNOG AB ZIDA „PALIĆ“ U POPREČNOM PROFILU KOLOVOZA  
Izvor: (Suprojekt)



**Slika 14.** DETALJ ZAŠTITNOG ZIDA U BANKINI KOLSKOG PRILAZA (D1-D1)  
Izvor: (Suprojekt)



**Slika 15.** DETALJ ZAŠTITNOG ZIDA UZ ČEONI ZID PROPUSTA (D2-D2)  
Izvor: (Suprojekt)

Mesto prikazanih detalja je obeleženo na Situacionom planu - Slika br. 4.

## 2.5. PRIMERI POLIMER BETONSKIH ELEMENATA



**Slika 16.** POLIMER BETONSKI ELEMENTI ZA PROPUST  
*Izvor: (www.aco.rs)*



**Slika 17.** IZVEDENI PROLAZ OD POLIMER BETONSKIH ELEMENATA  
*Izvor: (www.aco.rs)*



**Slika 18.** IZVEDENI PROLAZ KOMBINOVAN OD POLIMER BETONSKIH I  
CEMENT BETONSKIH ELEMENATA  
*Izvor: (www.aco.rs)*

## 2.6. UPOREDNE CENE ELEMENATA

Uporedne cene koštanja za cement betonske i polimer betonske elemente su sledeće:

-Cena cement betonskog AB kanala sa LŽ rešetkom iznosi: 18.460,0 din./ m<sup>1</sup> = 185,0 €/m<sup>1</sup>  
 Ukupno: 31,5x185,0=5.827,0 €

-Cena nabavna prolaza od polimerbetona (bez ugradnje) iznosi: .....670,0 €/ m<sup>1</sup>  
 Cena sa ugradnjom je 670,0x1,3=871,0 €/ m<sup>1</sup>  
 Ukupno: 31,5x871,0 =27.436,0 €

-Cena zaštitnog AB zida u bankini kolovoza iznosi:.....5.594,0 din./ m<sup>1</sup> =55,0 €/ m<sup>1</sup>  
 Ukupno: 361,0x55,0=19.855,0 €

-Cena zaštitnog zida u bankini kolovoza od polimerbetona (bez ugradnje) iznosi:105,0 €/ m<sup>1</sup>  
 Cena sa ugradnjom je 105,0x1,3= 136,5 €/ m<sup>1</sup>  
 Ukupno: 361,0x136,5=49.276,5 €

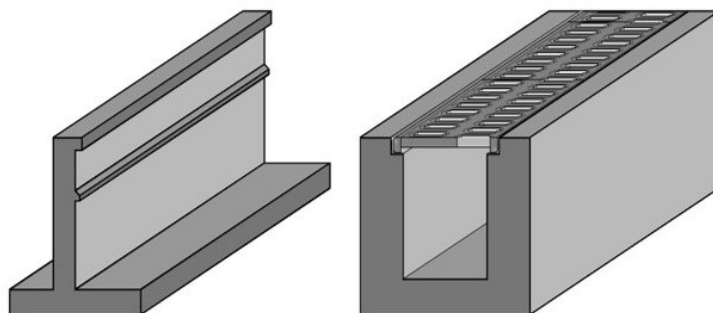
- Uporedna cena za propuste (prolaze) i zidove iznosi:  
 cement beton : polimer beton  
**25.682,0 € : 76.712,5 €**

- Korišćenjem elemenata izvedenih od armiranog cement betona u odnosu na korišćenje elemenata od polimer betona, smanjuje se vrednost investicije za ove pozicije radova za **tri puta**, a efekti u prirodi kod zaštite sitnih životinja su isti!

## 3. ZAKLJUČAK

Usaglašavajući pojmove **put i životna sredina** u ovom radu je izvršena prezentacija izrade građevinskih elemenata koji su u funkciji lokalnog ekološkog koridora, koji obezbeđuje migraciju divljih vrsta između Predela Izuzetnih Odlika „Subotička pešćara“ i Specijalnog Rezervata Prirode „Ludaško jezero“.

Prezentacija izrade cement betonskih konstrukcija, u okviru izrade projekta kolovoza u ulici Jožefa Atile na Paliću čija trasa preseca ekološki koridor, pored uporednog pregleda cene koštanja između cement betonskih i polimer betonskih elemenata ima i cilj obaveštenje, upoznavanje i upozorenje da malim inženjerskim intervencijama možemo veoma mnogo učiniti na zaštiti tih malih životinjskih vrsta koje veoma mnogo znače za očuvanje ravnoteže biološke raznovrsnosti našeg životnog okruženja i možemo smanjiti negativan **uticaj puta i saobraćaja na okruženje**.



## Zahvale

Klara Sabadoš dipl. biolog-Pokrajinski zavod za zaštitu prirode Novi Sad

## Literatura

- [1] Suprojekt doo, (2012). E-05-12/11.- Kolovoz u nastavku ulice Jožefa Atila na Paliću dužine 600,0m (Glavni građevinski projekat).
- [2] <https://www.google.com/earth/>
- [3] <https://www.aco.rs/proizvodi/zastita-vodozemaca/>
- [4] <http://behaton-ploce-vibbet.com/travne-ploce/raster-ploca.html>

# UTICAJ RASKRSNICA REGULISANIH SVETLOSNIH SIGNALIMA NA POTROŠNJU GORIVA

Anica Kocić<sup>1</sup>, Nikola Čelar<sup>2</sup>, Jelena Kajalić<sup>3</sup>, Stamenka Stanković<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, a.kocic@sf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, n.celar@sf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

<sup>4</sup> Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Nagli porast broja vozila tokom dvadesetog veka je doprineo disbalansu ponude i potražnje saobraćajnog sistema, što za posledicu ima nastanak zagušenja u saobraćaju. Usled pojave zagušenja, neminovno je povećanje vremenskih gubitaka, potrošnje goriva i emisije štetnih materija i buke. Tokom vremena su osmišljene brojne mere transportne politike kojima se deluje na transportne zahteve i promenu navika učesnika u saobraćaju. Međutim, neophodno je delovati i na saobraćajnu ponudu. Obzirom da su gradske sredine oformljene i često nema prostornih mogućnosti za povećanje kapaciteta, javlja se potreba za upravljanjem saobraćajem svetlosnim signalima. Optimizacijom parametara rada svetlosnih signala se postojećim metodama optimizacije najčešće teži minimiziranju vremenskih gubitaka. Međutim, sa aspekta zaštite životne sredine neophodno je razmotriti i mogućnost minimiziranja potrošnje goriva. Rad se fokusira na pregledu rezultata istraživanja uticaja raskrsnica regulisanih svetlosnim signalima na povećanje potrošnje goriva i emisije štetnih materija.

**Ključne reči:** potrošnja goriva, raskrsnica regulisana svetlosnim signalima, optimizacija parametara rada svetlosnih signala, upravljanje saobraćajem.

## SIGNALIZED INTERSECTION EFFECT ON FUEL CONSUMPTION

Anica Kocić<sup>1</sup>, Nikola Čelar<sup>2</sup>, Jelena Kajalić<sup>3</sup>, Stamenka Stanković<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, a.kocic@sf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, n.celar@sf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

<sup>4</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

**Abstract:** Traffic congestion has been caused by sudden increase in the number of vehicles during the 20<sup>th</sup> century and disbalance of traffic system supply and demand. Consequently, congestion contributes to the increase in delays, fuel consumption, pollution and noise emissions. During the time, numerous transport policy measuers has been developed for transport demand management and road users' habits changing. On the other hand, it is necessary to consider transport supply changes. In general there is no space for street capacity increase because urban areas are formed, so there is a need for use of traffic signals. Traditional signal timing optimization methods only consider delay minimization. However, fuel consumption minimization has to be considered because of bad air quality in urban areas. This paper is focused on results of researches of signalized interesection effect on increased fuel consumption and air pollution.

**Keywords:** fuel consumption, signalized intersection, signal timing optimization, traffic management

### 1. UVOD

Disbalans ponude i potražnje saobraćajnog sistema je nastao usled naglog porasta broja vozila tokom dvadesetog veka koji nije praćen prilagođavanjem ponude saobraćajnog sistema. Sve veći broj saobraćajnih zahteva koje saobraćajni sistem često ne može da opsluži, za posledicu ima nastanak zagušenja u saobraćaju. Usled pojave zagušenja, neminovno je povećanje vremenskih gubitaka, potrošnje goriva i emisije štetnih materija i buke. Tokom vremena su osmišljene brojne mere transportne politike kojima se deluje na transportne zahteve i promenu navika učesnika u saobraćaju. Međutim, neophodno je delovati i na saobraćajnu ponudu. Obzirom da su gradske sredine oformljene i često nema prostornih mogućnosti za povećanje kapaciteta, javlja se potreba za upravljanjem saobraćajem primenom svetlosnih signala.

<sup>1</sup> Anica Kocić, email: a.kocic@sf.bg.ac.rs



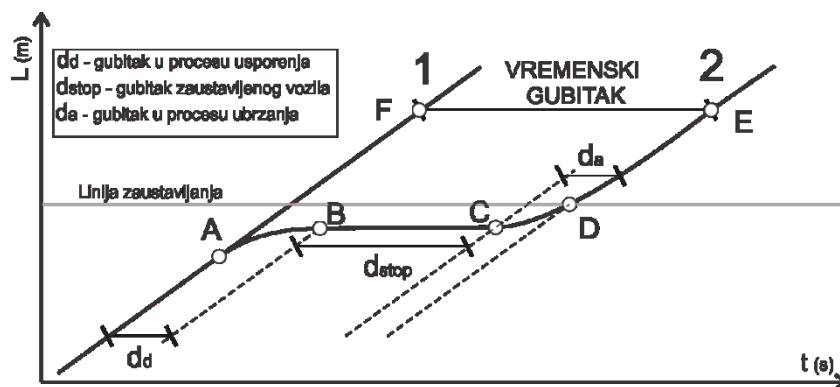
Upravljanje saobraćajem je jedna od disciplina saobraćajnog inženjerstva koja se može definisati kao skup trenutnih akcija, ili akcija tokom vremena kojima se deluje na saobraćajni sistem radi povećanja efikasnosti i bezbednosti funkcionisanja saobraćaja, ali i smanjenja uticaja na životnu sredinu [1]. Upravljanje saobraćajem na signalisanoj raskrsnici se sprovodi primenom svetlosnih signala, kojima se vrši vremenska preraspodela prava prolaska raskrsnicom, tj. preraspodela raspoloživog kapaciteta raskrsnice po prilazima. Efikasnost saobraćajnog procesa na raskrsnici je posledica izbora načina upravljanja i kriterijuma optimizacije rada svetlosnih signala [2]. Kriterijum optimizacije zavisi od generalnih ciljeva sistema upravljanja, ali i od funkcionalne uloge raskrsnice u sistemu, a može biti minimiziranje vremenskih gubitaka, broja zaustavljanja, vremena putovanja duž koridora, ukupnih troškova korisnika na mreži, maksimalno prihvatljiva dužina reda ili maksimiziranje kapaciteta raskrsnice. Postojećim metodama optimizacije se najčešće teži minimiziranju vremenskih gubitaka [3] i maksimiziranju kapaciteta prilaza raskrsnice.

Konstantan porast broja vozila, znatno doprinosi pogoršanju kvaliteta vazduha u gradskim sredinama. Iako se strategijama upravljanja saobraćajem teži redukciji zagušenja i efikasnijem opsluživanju tokova, ipak na raskrsnicama regulisanim svetlosnim signalima vozila usporavaju, čekaju u redu (prazan hod motora) i ubrzavaju. Ovi režimi rada motornih vozila dodatno povećavaju emisiju štetnih materija i potrošnju goriva [4, 5].

U ovom radu dat je pregled rezultata istraživanja na temu uticaja raskrsnica regulisanih svetlosnim signalima na potrošnju goriva i emisiju štetnih materija. Utvrđena je zavisnost potrošnje goriva i emisije štetnih materija i pokazatelja efikasnosti projektovanog upravljanja saobraćajem na raskrsnici [6, 7] koji direktno zavise od parametara rada svetlosnih signala. Iz tog razloga je neophodno razmatrati optimizaciju parametara rada svetlosnih signala sa ciljem minimiziranja potrošnje goriva, tj. sa aspekta zaštite životne sredine. Obzirom na uticaj parametara rada svetlosnih signala na potrošnju goriva i emisiju polutanata, dat je pregled rezultata sprovedenih optimizacija parametara rada svetlosnih signala sa aspekta zaštite životne sredine.

## 2. UTICAJ RASKRSNICA REGULISANIH SVETLOSNIM SIGNALIMA NA ŽIVOTNU SREDINU

Primena svetlosnih signala radi regulisanja saobraćaja na raskrsnicama doprinosi efikasnijem i bezbednijem kretanju vozila. Međutim, na signalisanim raskrsnicama svi saobraćajni tokovi imaju vremenske gubitke, jer se u svakom trenutku nekim tokovima prikazuje crveni signalni pojam. Vremenski gubici se na nivou jednog vozila, definišu kao razlika između realno realizovanog vremena putovanja i idealnog vremena putovanja u zoni signalisane raskrsnice [1], što se grafički može prikazati na slici 1. Vremenski gubici predstavljaju jedan od pokazatelja efikasnosti na raskrsnicama i kriterijum optimizacije parametara rada svetlosnih signala.



Slika 1. Vremenski gubitak pojedinačnog vozila

Izvor: Čelar i dr. 2018

Vremenski gubitak u putanji sa zaustavljanjem (posmatrano na nivou jednog vozila) se sastoji iz tri komponente, gubitak u procesu zaustavljanja  $d_d$ , gubitak zaustavljenog vozila  $d_{stop}$  i gubitak u procesu ubrzanja  $d_a$  [1]. Što znači da zaustavljanje vozila na signalisanoj raskrsnici podrazumeva usporavanje vozila (A - B), stajanje u mestu (prazan hod) (B - C) i ubrzanje vozila (C - D) nakon promene signalnog pojma i pokretanja reda vozila. Ovi režimi rada motornog vozila su usko povezani sa emisijama štetnih materija i potrošnjom goriva.

Unal i kolege su sproveli istraživanje uticaja parametara rada svetlosnih signala i koordinisanog rada svetlosnih signala na emisiju štetnih materija i nivo usluge [8]. Rezultati su pokazali da se u procesu ubrzanja emituju najveće količine polutanata, dok se u procesu stajanja na raskrsnici, tj. u praznom hodu, emituju najmanje količine. Iz tog razloga, minimiziranje samo vremenskih gubitaka neće uvek doprineti

minimiziranju ukupne emisije štetnih materija. Utvrđeno je da su emisije povezane sa promenama vremena putovanja, prosečne brzine, prosečnih vremenskih gubitaka i prosečnog broja zaustavljanja po milji.

Rouphail i kolege su istraživali emisije štetnih materija motornih vozila u svakom režimu rada motora koji se realizuje na gradskoj saobraćajnoj mreži (usporenje, ubrzanje, prazan hod i vožnja konstantnom brzinom) [4]. Istraživanja ovih autora su pokazala da je emisija štetnih materija znatno veća prilikom ubrzavanja iz stanja mirovanja nego tokom praznog hoda motora u stanju mirovanja. Na ovaj način se zaključuje da nastankom zagušenja koja podrazumevaju česta usporavanja i ubrzavanja dolazi do povećanja emisija. Autori ističu da se minimiziranjem broja zaustavljanja postiže značajnije smanjenje emisije štetnih materija, nego u slučaju kada se minimiziraju vremenski gubici.

Tong i Hung su istraživali emisije štetnih materija i potrošnju goriva u različitim režimima rada pogonskog agregata motornih vozila koji se realizuju na signalisanim raskrsnicama [9]. Pri tome su razmatrani polutanti: ugljen-monoksid CO, ugljovodonik HC, oksidi azota NO<sub>x</sub> i čestice, i četiri tipa vozila: putnički automobil (benzin), kombi (benzin), kombi (dizel) i autobus. Autori su zaključili da su emisije veće prilikom ubrzavanja i usporavanja, nego tokom stajanja u mestu, čak je istaknuto da je tokom procesa ubrzavanja izmerena najveća potrošnja goriva i emisija štetnih materija.

Kun i Lei su ispitivali uticaj režima rada pogonskog agregata motornog vozila na emisiju štetnih materija, sa ciljem definisanja parametara rada svetlosnih signala koji će omogućiti minimiziranje emisije polutanata [10]. Autori su istakli da se optimizacijom parametara rada svetlosnih signala može omogućiti poboljšanje funkcionisanja saobraćaja kao i smanjenje emisije polutanata. S druge strane, neke strategije upravljanja saobraćajem kojima se teži poboljšanju funkcionisanja saobraćaja, mogu uticati na povećanje emisije. Stoga, neophodno je prilikom definisanja strategija upravljanja saobraćajem razmatrati i rešavanje problema zagušenja u saobraćaju i smanjenje emisije polutanata.

Oda i kolege su istražujući uticaj parametara rada svetlosnih signala na emisiju ugljen-dioksida CO<sub>2</sub>, shvatili da minimiziranjem broja zaustavljanja i vremenskih gubitaka minimiziraju i CO<sub>2</sub> [7]. Zaključak je izveden na osnovu utvrđene jake međusobne korelacije broja zaustavljanja, vremenskih gubitaka i količine emisija duž sve tri rute na kojima je istraživanje sprovedeno. Predložili su optimizaciju parametara rada svetlosnih signala kojom se minimiziraju i broj zaustavljanja i vremenski gubici, sa ciljem minimiziranja CO<sub>2</sub>. Rezultati predložene optimizacije su pokazali smanjenje količine emitovanog CO<sub>2</sub> za 7% u odnosu na parametre rada svetlosnih signala koji su zatečeni na terenu.

Joumard i kolege su sprovedli istraživanje kojim su pokazali da adekvatno upravljanje saobraćajem može značajno smanjiti zagađenje, pri čemu poboljšanje parametara rada signala može smanjiti potrošnju goriva za 5% [11]. Hallmark i kolege su istraživali uticaj svetlosnih signala na emisije primenom modela MEASURE, pri čemu su utvrđivali uticaj parametara rada svetlosnih signala na emisiju CO. Autori su utvrdili da je značajna redukcija emisije CO kada se smanje vremenski gubici na signalisanim raskrsnicama [12]. Istraživanjem koje su sprovedli Rakha i kolege, pokazalo se da se koordinisanim radom svetlosnih signala može postići 50% smanjenja emisije štetnih materija [13]. Coelho i kolege su pokazali da se prisustvom svetlosnih signala na raskrsnicama povećava emisija CO za 15%, azot-monoksida NO za 10% i HC za 40% [5]. Još jedno istraživanje koje su sprovedli Chen i Yu je pokazalo da optimalan rad svetlosnih signala smanjuje emisije različitih polutanata 3 do 15% [14].

Zaključuje se da je najbolje opslužen saobraćajni tok, sa aspekta potrošnje goriva i emisije štetnih materija, onaj sa najmanjim brojem zaustavljanja, najkraćim vremenskim gubicima i umerenim brzinama tokom putovanja [6].

Rezultati različitih istraživanja su pokazali da zamena raskrsnica regulisanih svetlosnim signalima nekim drugim tipom raskrsnice (kružna raskrsnica ili raskrsnica regulisana horizontalnom i vertikalnom signalizacijom) doprinosi smanjenju emisija polutanata i potrošnje goriva [15, 16, 17, 18]. Međutim, u pojedinim situacijama primena raskrsnica regulisanih horizontalnom i vertikalnom signalizacijom može znatno povećati vremenske gubitke neprioritetnih tokova. S druge strane, kružne raskrsnice zahtevaju značajan prostor, koji u gradskim sredinama često nije moguće obezbediti. Na osnovu navedenog, ističe se da je na određenim lokacijama jedino rešenje primena svetlosnih signala na raskrsnicama. Iz tog razloga su strategije upravljanja saobraćajem i optimizacija parametara rada svetlosnih signala značajne mere transportne politike. Prilikom optimizacije parametara rada svetlosnih signala, neophodno je, pored osnovnih kriterijuma kojima se teži efikasnijem funkcionisanju saobraćaja, uzeti u obzir i kriterijum kojim se teži smanjenju emisija polutanata i potrošnje goriva na signalisanim raskrsnicama.

### 3. OPTIMIZACIJE PARAMETARA RADA SVETLOSNIH SIGNALA SA ASPEKTA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Tradicionalnim metodama optimizacije teži se minimiziranju vremenskih gubitaka vozila i maksimiziranju kapaciteta prilaza raskrsnice, tj. definišu se parametri rada svetlosnih signala kojima se obezbeđuje efikasnije funkcionisanje saobraćaja na raskrsnicama. Međutim, prethodno je istaknuto da minimiziranje vremenskih gubitaka kao kriterijumske funkcije optimizacije parametara rada signala, nužno ne doprinosi minimiziranju potrošnje goriva. Obzirom na izražen uticaj parametara rada svetlosnih signala na emisiju štetnih materija i potrošnju goriva, neophodno je razmatrati i primenjivati optimizacije parametara rada svetlosnih signala sa aspekta zaštite životne sredine.

Metoda kritičnih tokova [19], jedna od tradicionalnih metoda optimizacije parametara rada svetlosnih signala, razmatra minimizaciju potrošnje goriva, kroz definisanu promenljivu koja figuriše u obrascu za proračun dužine ciklusa. Međutim, autori ipak navode da minimiziranje potrošnje goriva ima smisla duž gradskih arterija kojima se vozila kreću većim brzinama, a da je u centralnim gradskim sredinama bolje primeniti vrednost promenljive kojom se teži minimiziranju vremenskih gubitaka.

Jedno od najstarijih istraživanja uticaja signalisanih raskrsnica na potrošnju goriva i emisiju štetnih materija sprovedi su Robertson i kolege primenom TRANSYT 8 [20]. Utvrdili su da se optimizacijom parametara rada svetlosnih signala sa ciljem minimiziranja ukupne potrošnje goriva postiže smanjenje potrošnje od 3% u odnosu na potrošnju ukoliko je optimizacija izvršena sa ciljem minimiziranja vremenskih gubitaka. Kriterijumska funkcija koja se definiše kao *Performance index* je predstavljala linearnu zavisnost potrošnje goriva od vremenskih gubitaka, broja zaustavljanja i brzine kretanja vozila na deonici. Ova zavisnost ističe uticaj parametara rada signala na potrošnju goriva i emisiju štetnih materija, obzirom da od njih zavise broj zaustavljanja i vremenski gubici.

Akçelik je definisao zavisnost potrošnje goriva na deonici od brzine kretanja duž deonice, broja zaustavljanja i prosečnih vremenskih gubitaka na raskrsnici regulisanoj svetlosnim signalima [21]. Ukoliko posmatramo raskrsnicu, potrošnja goriva zavisi samo od prosečnih vremenskih gubitaka i prosečnog broja zaustavljanja koji direktno zavise od parametara rada svetlosnih signala. Predložene su jedinične potrošnje goriva po jednom zaustavljanju ili jednom satu praznog hoda, za različite strukture toka (putnički automobili, teretna vozila i mešoviti saobraćajni tok). Istaknuto je da potrošnja goriva, u slučaju optimizacije parametara rada signala sa ciljem minimiziranja potrošnje goriva može biti manja 5-10%, u odnosu na potrošnju goriva u slučaju optimizacije sa nekim drugim ciljem.

Li i kolege su optimizacijom parametara rada svetlosnih signala postigli značajne uštede u emisiji štetnih materija i potrošnji goriva, kao i vremenskim gubicima [22]. Definisali su jednu kriterijumsku funkciju optimizacije parametara rada svetlosnih signala, kojom se minimiziraju vremenski gubici, potrošnja goriva i emisija štetnih materija na raskrsnicama. Kroz ograničenje je razmotrena i minimalna dužina zelenog signalnog pojma, koja je potrebna pešacima da realizuju prelazak ulice. Za konkretnu raskrsnicu su rezultati pokazali da su vremenski gubici i količina emisija najmanji za dužinu ciklusa 49 s, dok je najmanja potrošnja za dužinu ciklusa 130 s. Ovim se dodatno potvrđuje da je potrošnja najmanja kada je minimalan broj zaustavljanja, dok su emisije najmanje kada su najkraći vremenski gubici.

Određivanje dužine ciklusa i zelenih signalnih pojmova koji minimiziraju emisiju štetnih materija primenom genetskog algoritma sprovedi su Zhou i kolege [23]. Predloženi postupak podrazumeva dva nivoa optimizacije. Prvi nivo se odnosi na optimizaciju parametara rada svetlosnih signala primenom kriterijumske funkcije optimizacije definisanom tako da se poboljša kvalitet saobraćajnog toka i smanje emisije štetnih materija. Drugi nivo podrazumeva određivanje raspodele saobraćaja na mreži koja je u skladu sa korisničkim ekvilibrijumom. Rezultati su pokazali da je postupak efektivan za optimizaciju parametara rada svetlosnih signala.

Stevanović i kolege su primenili višekriterijumsku optimizaciju parametara rada svetlosnih signala primenom VASGAOST programa, čija se optimizacija bazira na primeni genetskih algoritama [24]. Cilj je bio smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih materija, pre svega CO<sub>2</sub>. Utvrđeno je da primena kriterijumskih funkcija koje minimiziraju vremenske gubitke ili broj zaustavljanja, neće nužno doprineti i minimiziranju potrošnje goriva. Takođe, primenom kriterijumske funkcije minimiziranja potrošnje goriva pri optimizaciji parametara rada svetlosnih signala se postiže statistički značajno smanjenje potrošnje za 1,5% u odnosu na kriterijumsku funkciju koja, na primer, minimizira vremenske gubitke.

Optimizaciju dužine ciklusa i raspodele zelenih signalnih pojmova sa aspekta minimiziranja emisije štetnih materija razmatrali su i Ma & Nakamura 2010. godine [25]. Pri tome, autori su istakli da se emisija štetnih materija posmatra kroz emisiju tokom usporavanja, ubrzavanja, stajanja u mestu i kretanja duž deonice. Poređenjem rezultata njihove optimizacije, sa optimizacijom sa aspekta minimiziranja vremenskih gubitaka, zaključili su da je njihov model preporučeno primeniti u uslovima većih brzina kretanja i većeg učešća teretnih vozila u toku.

Unapređenjem kapaciteta raskrsnice i smanjenjem emisija štetnih materija kroz višeciljnu optimizaciju parametara rada svetlosnih signala primenom genetskog algoritma i mikrosimulacionog modela bavili su se Zhang i kolege [26]. Kriterijumske funkcije su prosečna brzina vozila i količina emisije CO po jedinici rastojanja, sa težinskim koeficijentima 0,95 i 0,05, respektivno. Ograničenja su vezana za dužinu ciklusa 120s i dužine zelenih signalnih pojmova, od 12 do 60s. Simulacijom je pokazano da predloženi model efikasno povećava kapacitet raskrsnice i smanjuje emisiju štetnih materija. Broj vozila koji je prošao kroz raskrsnicu je povećan za 3,4%, prosečna brzina vozila je povećana za 10%. Zabeleženo je malo smanjenje emisije CO obzirom da je veći značaj dat povećanju efikasnosti.

Li i kolege su se 2011. godine bavili ispitivanjem uticaja rada svetlosnih signala na emisiju štetnih materija [27]. Naime, autori su, definišući tri modela optimizacije, ispitivali uticaj broja zaustavljanja i vremenskih gubitaka na emisije štetnih materija. Kriterijumskom funkcijom prvog modela se teži minimiziranju vremenskih gubitaka, dok se u drugom modelu teži minimiziranju broja zaustavljanja. Treći model je podrazumevao kriterijumsku funkciju minimiziranja vremenskih gubitaka uz ograničenja vrednosti broja zaustavljanja. Autori su istakli da minimiziranje samo broja zaustavljanja vozila ne doprinosi smanjenju emisija štetnih materija, jer su broj zaustavljanja i vremenski gubici u jakoj korelaciji u gradskim uslovima. Smanjenje broja zaustavljanja doprinosi smanjenju emisije CO, ali se primećuje blago povećanje CO<sub>2</sub> i HC. S druge strane, značajno smanjenje broja zaustavljanja doprinosi povećanju CO, CO<sub>2</sub>, HC i NO<sub>x</sub>.

Kwak i kolege su predložili optimizaciju parametara rada svetlosnih signala integracijom TRANSMIS simulacionog modela, mikrosimulacionog modela procene emisija i potrošnje goriva (VT-Micro model) i genetskog algoritma [28]. Sa aspekta kvaliteta vazduha, energije i mera mobilnosti, pokazalo se da je predloženi integrisani metod optimizacije bolji u odnosu na rezultate Synchro modela. Naime, rezultati su pokazali da se optimizacijom parametara rada svetlosnih signala primenom predložene optimizacije postiže 20% uštede u potrošnji goriva na posmatranoj mreži, kao i 8-20% manje emisije polutanata, u odnosu na Synchro rešenja.

Višekriterijumska optimizacija parametara rada svetlosnih signala sa ciljem istovremenog minimiziranja ukupnih vremenskih gubitaka, ukupnog broja zaustavljanja i prosečne potrošnje goriva je analizirana od strane Robles [29]. Pri tome je primenjen genetski algoritam, a podaci definisani u genetskom algoritmu su utvrđeni primenom mikrosimulacionog modela VISSIM i CMEM modela za modelovanje emisija. Zaključeno je da je predložena strategija upravljanja saobraćajem doprinela redukciji zagušenja, potrošnje goriva i emisije u odnosu na važeći program rada svetlosnih signala.

Optimizacija parametara rada svetlosnih signala na izolovanoj raskrsnici koja se bavi minimiziranjem uticaja na životnu sredinu primenjena je i od strane Qian i kolega [30]. Autori su kreirali kriterijumsku funkciju kao težinsku sumu pojedinačnih kriterijumskih funkcija za vremenske gubitke, emisiju štetnih materija i kapacitet prilaza raskrsnice. Pokazalo se da optimizacijom parametara rada svetlosnih signala primenom predložene kriterijumske funkcije dolazi do smanjenja vremenskih gubitaka i emisije štetnih materija, kao i do povećanja kapaciteta za od 1 do 15%. Postignuto poboljšanje zavisi od stanja saobraćajnog sistema za koji se kriterijumska funkcija definiše, obzirom da su u zavisnosti od nivoa saobraćajnih zagušenja definisane različite vrednosti težinskih koeficijenata inkorporiranih kriterijumskih funkcija.

Zhang i kolege su se bavili optimizacijom dužine ciklusa, pomaka početka zelenih signalnih pojmova, raspodele zelenih signalnih pojmova i redosleda faza sa aspekta minimiziranja ukupnih vremenskih gubitaka i izloženosti emisijama štetnih materija [31]. Definisana je kriterijumska funkcija koja obuhvata ukupne vremenske gubitke i izloženost emisijama od saobraćaja. Autori ističu da su razmatrali samo putničke automobile, te bi trebalo razmotriti i mešoviti saobraćajni tok.

Optimizacijom parametara rada svetlosnih signala primenom genetskog algoritma sa ciljem minimiziranja emisija štetnih materija, potrošnje goriva i vremenskih gubitaka su se bavili Zhou i Cai [32]. Kriterijumska funkcija optimizacije je predstavljala ukupne troškove, čije su komponente troškovi potrošnje goriva, troškovi emisije štetnih materija i troškovi vremenskih gubitaka na signalisanim raskrsnicama. Primenjena optimizacija je doprinela smanjenju ukupnih troškova za 9,27% u odnosu na Websterovu metodu. Obzirom

da je svaka komponenta troškova manja, zaključeno je da predložena optimizacija utiče na smanjenje emisija, potrošnje goriva i vremenskih gubitaka vozila.

Stevanović i kolege su razmotrili višekriterijumsku optimizaciju parametara rada svetlosnih signala sa aspekata mobilnosti, bezbednosti saobraćaja i negativnih uticaja na okruženje [33]. Definisani metod predstavlja balans između mobilnosti, bezbednosti i uticaja na okruženje i primenjen je na segmentu od pet signalisanih raskrznica. Za optimizaciju je primenjen VASGAOST program, čija se optimizacija bazira na primeni genetskih algoritama.

Utvrđeno je da na potrošnju goriva i emisiju polutanata na signalisanim raskrnicama, utiču pokazatelji efikasnosti kao što su broj zaustavljanja i prosečni vremenski gubici. Međutim, minimiziranje samo vremenskih gubitaka ili samo broja zaustavljanja ne doprinosi nužno minimiziranju potrošnje goriva ili emisije štetnih materija. Naime, rezultati navedenih istraživanja su istakli da optimizacija parametara rada svetlosnih signala sa ciljem minimiziranja vremenskih gubitaka, kao što je Websterova metoda, doprinosi većoj potrošnji goriva i/ili emisiji štetnih materija, u odnosu na optimizacije koje minimiziraju potrošnju goriva i/ili emisiju štetnih materija. Iz tog razloga se nameće potreba za razmatranjem i primenom optimizacija parametara rada svetlosnih signala sa aspekta zaštite životne sredine.

#### 4. ZAKLJUČAK

Činjenica je da su u gradovima sve češća zagušenja u saobraćaju, usled rasta broja vozila na saobraćajnoj mreži. Posledice takvog stanja saobraćajnog sistema, ali i generalno velikog broja vozila čiji pogonski agregati koriste fosilna goriva, doprinose povećanoj emisiji štetnih materija, čime se pogoršava kvalitet vazduha u gradskim sredinama. Treba istaći da emisije štetnih materija doprinose efektu staklene bašte i utiču na zdravlje ljudi. Sa ekonomskog aspekta, zagušenja u saobraćaju utiču na povećanu potrošnju goriva. Obzirom na brojne negativne posledice saobraćajnih zagušenja, neophodno je fokusirati se na definisanje rešenja opisanih problema, kao što su mere transportne politike kojima se deluje na saobraćajnu ponudu i potražnju. Strategije upravljanja saobraćajem i optimizacija parametara rada svetlosnih signala su značajne mere kojima se deluje na saobraćajni sistem, tj. na njegovu ponudu.

Među kriterijumima optimizacije parametara rada svetlosnih signala se pored efikasnijeg i bezbednijeg funkcionisanja saobraćajnog sistema, nalazi i kriterijum minimiziranja negativnih uticaja na životnu sredinu. Međutim, tradicionalne metode optimizacije parametara rada svetlosnih signala uglavnom razmatraju samo aspekt minimiziranja vremenskih gubitaka tokova na raskrnicama. Ovakav pristup nije adekvatan, obzirom na utvrđene zavisnosti potrošnje goriva i emisije štetnih materija i parametara rada svetlosnih signala. Pregledom rezultata različitih istraživanja utvrđeno je da na potrošnju goriva i emisiju polutanata utiču pokazatelji efikasnosti projektovanog upravljanja saobraćajem na raskrnicama. Pri tome se ističe da su najuticajnije pokazatelji efikasnosti broj zaustavljanja i vremenski gubici vozila.

S obzirom na to da uticajni pokazatelji efikasnosti direktno zavise od parametara rada svetlosnih signala, optimizacija parametara rada svetlosnih omogućava određivanje takvih parametara kojima će se redukovati emisija štetnih materija i potrošnja goriva. Prethodno istaknut zaključak je bio osnova za definisanje brojnih optimizacionih parametara rada svetlosnih signala sa aspekta zaštite životne sredine. Pri tome su primenjene kriterijumske funkcije kojima je definisana zavisnost potrošnje goriva ili količine emitovanih štetnih materija od parametara rada svetlosnih signala koji su rezultat optimizacije. Postoje i kriterijumske funkcije koje podrazumevaju ukupne troškove, čija jedna komponenta predstavlja troškove potrošnje goriva. Rezultati primenjenih optimizacionih parametara rada signala, sa aspekta zaštite životne sredine, su pokazali da se potrošnja goriva i emisija polutanata redukuju u odnosu na tradicionalne metode.

Neophodno je u budućnosti se baviti optimizacijom parametara rada svetlosnih signala sa ciljem minimiziranja potrošnje goriva i količine emitovanih polutanata u Republici Srbiji, obzirom na činjenicu sve većeg zagađenja od motornog saobraćaja i pogoršanja kvaliteta vazduha u gradskim sredinama. Da bi se sproveda optimizacija parametara rada svetlosnih signala sa aspekta minimiziranja uticaja na životnu sredinu, potrebno je istražiti zavisnosti količine emitovanih polutanata i količine potrošenog goriva od parametara rada signala. Utvrđene zavisnosti bi predstavljale osnovu za definisanje kriterijumskih funkcija optimizacije. Pored pokazatelja koji se tiču potrošnje goriva i količine emitovanih štetnih materija, ne treba zanemariti pokazatelje efikasnosti koji su do sada bili primarni kriterijumi optimizacije. Tako da se u daljem radu pored jednokriterijumskih optimizacionih parametara koje se tiču aspekta zaštite životne sredine treba baviti i višekriterijumskim optimizacionim parametarama rada svetlosnih signala, koje će uzeti u obzir i pokazatelje efikasnosti.

## Zahvale

Rad je sastavni deo naučnoistraživačkog projekta "Uticaj globalnih izazova na planiranje saobraćaja i upravljanje saobraćajem u gradovima", evidencioni broj TR36021, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- [1] Čelar, N., Stanković, S., Kajalić, J. 2018. *Osnove upravljanja svetlosnim signalima*. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- [2] Osoba, M., Vukanović, S., Stanić, B. 1999. *Upravljanje saobraćajem pomoću svetlosnih signala I deo*, Beograd, Saobraćajni fakultet.
- [3] Webster, F. V., Cobbe B. M. 1966. *Traffic signals*. Her Majesty's Stationery Office, London, United Kingdom.
- [4] Roupail, N.M., Frey, H.C., Colyar, J.D., Unal, A. 2001. Vehicle emissions and traffic measures: exploratory analysis of field observations at signalised arterials. Proceedings of the 80<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [5] Coelho, M.C., Fariasa, T.L., Roupail, N.M. 2005. Impact of speed control traffic signals on pollutant emissions. *Transportation Research Part D* 10, 323-340.
- [6] Barth, M. J., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World Carbon Dioxide Impacts of Traffic Congestion. In *Transportation Research Record 2058: Journal of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. 163–171.
- [7] Oda, T., Kuwahara, M., Niikura, S. 2004. Traffic Signal Control for Reducing Vehicle Carbon Dioxide Emissions on an Urban Road Network. Proceedings of the 11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan.
- [8] Unal, A., Roupail, N.M., Frey, H.C. 2003. Effect of Arterial Signalization and Level of Service on Measured Vehicle Emissions. Proceedings of the 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board January 12-16, Washington, D.C.
- [9] Tong, H.Y., Hung, W.T. 1999. Vehicular modal emission and fuel consumption factors in Hong Kong. *Transactions on Ecology and the Environment* 29, 273-280.
- [10] Kun, C., Lei, Y. 2007. Microscopic Traffic-Emission Simulation and Case Study for Evaluation of Traffic Control Strategies. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology* 7 (1), 93-100.
- [11] Joumard, R., Hickman, A.J., Nemerlin, J., Hassel, D., 1992. Modelling of Emissions and Consumption in Urban Areas-Final Report. DRIVE Project V1053, INRETS Report LEN9213, Bron.
- [12] Hallmark, S.L., Fomunung, I., Guensler, R., Bachman, W. 2000. Assessing impacts of improved signal timing and transportation control measure using an activity-specific modeling approach. *Transportation Research Record* 1738, 49-55.
- [13] Rakha, H., Aerde, M.V., Ahn, K., Trani, A., 2000. Requirements for evaluating traffic signal control impacts on energy and emission based on instantaneous speed and acceleration measurements. *Transportation Research Record 1738: Journal of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.56-67.
- [14] Chen, K., Yu, L. 2007. Microscopic traffic-emission simulation and case study for evaluation of traffic control strategies. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 7. 93-99.
- [15] Mustafa, S., Mohammed, A., Vougias, S. 1993. Analysis of Pollutant Emissions and Concentrations at Urban Intersections. Institute of Transportation Engineers, Compendium of Technical Papers, Washington, D.C.
- [16] Niittymaki, J., Hoglund, P.G. 1999. Estimating vehicle emissions and air pollution related to driving patterns and traffic calming. In: Paper for the Conference on Urban Transport Systems, Lund.
- [17] Varhelyi, A. 2002. The Effects of Small Roundabouts on Emissions and Fuel Consumption: A Case Study. Elsevier Science Ltd., Amsterdam.
- [18] Mandavilli, S., Rys, M.J., Russel, E.R. 2008. Impact of modern roundabouts on vehicular emissions. *International Journal of Industrial Ergonomics* 38, 135-142.
- [19] Akçelik R. 1981a. Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis: Research report ARR No. 123 (7th reprint: 1998). Australian Road Research Board, Melbourne, Australia.
- [20] Robertson, D., Lucas, C., Baker, R. 1980. Coordinating Traffic Signals to Reduce Fuel Consumption. TRL report LR934, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire United Kingdom.

- [21] Akçelik R. 1981b. Fuel efficiency and other objectives in traffic system management. *Traffic Engineering and Control* 22 (2), 54-65.
- [22] Li, X., Li, G., Pang, S.-S., Yang, X., Tian, J., 2004. Signal timing of intersections using integrated optimization of traffic quality, emissions and fuel consumption: a note. *Transportation Research Part D: Transp. Environ.* 9, 401–407.
- [23] Zhou, S., Yan, X., Wu, C. 2008. Optimization model for traffic signal control with environmental objectives. In: Presented at the Natural Computation, 2008. ICNC'08. Fourth International Conference on, IEEE, 530–534.
- [24] Stevanovic, A., Stevanovic, J., Zhang, K., Batterman, S. 2009. Optimizing traffic control to reduce fuel consumption and vehicular emissions: integrated approach of VISSIM, CMEM, and VISGAOST. *Transportation Research Record* 1707, 105–113.
- [25] Ma, D., Nakamura, H. 2010. Cycle length optimization at isolated signalized intersections from the viewpoint of emission. *Seventh International Conference on Traffic and Transportation Studies (ICTTS) 2010*, 275–284.
- [26] Zhang, B., Shang, L., Chen, D. 2010. Traffic Intersection Signal-planning Multi-object Optimization Based on Genetic Algorithm. *2nd International Workshop on Intelligent Systems and Applications, Wuhan, China*, 150-155.
- [27] Li, J.Q., Wu, G., Zou, N. 2011. Investigation of the impacts of signal timing on vehicle emissions at an isolated intersection. *Transportation Research Part D* 16, 409-414.
- [28] Kwak, J., Park, B., Lee, J. 2012. Evaluating the impacts of urban corridor traffic signal optimization on vehicle emissions and fuel consumption. *Transportation Planning and Technology* 35, 145–160.
- [29] Robles, D. 2012. Optimal Signal Control with Multiple Objectives in Traffic Mobility and Environmental Impacts: M. Sc. Diss., Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
- [30] Qian, R., Lun, Z., Wenchen, Y., Meng, Z. 2013. A traffic emission-saving signal timing model for urban isolated intersections. *Procedia-Social Behavioral Sciences* 96, 2404– 2413.
- [31] Zhang, L., Yin, Y., Chen, S., 2013. Robust signal timing optimization with environmental concerns. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 29, 55–71.
- [32] Zhou, Z., Cai M. 2014. Intersection signal control multi-objective optimization based on genetic algorithm. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* 1 (2), 153-158.
- [33] Stevanovic, A., Stevanovic, J., So, J., Ostojic, M. 2015. Multi-criteria optimization of traffic signals: Mobility, safety, and environment. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 55, 46-68.

## **ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE PRI PLANIRANJU KORIDORA AUTO-PUTEVA NA PRIMERU STRATEŠKE PROCENE UTICAJA PROSTORNOG PLANA PODRUČJA POSEBNE NAMENE INFRASTRUKTURNOG KORIDORA AUTOPUTA E-80, DEONICA NIŠ-MERDARE NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Ljubiša Bezbradica<sup>1</sup>**

*Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Beograd, e-mail: ljubisa@iaus.ac.rs*

**dr Boško Josimović**

*Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Beograd, e-mail: bosko@iaus.ac.rs*

**dr Saša Milijić**

*Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Beograd, e-mail: sasam@iaus.ac.rs*

**Rezime:** *Evropski put E-80 (SEETO ruta 7) ima saobraćajnu funkciju I reda koja podrazumeva međusobno povezivanje makroregionalnih saobraćajnih težišta. Predmetna deonica autoputa E-80, od Niša do Merdara, predstavlja važan deo navedenog putnog pravca, čije je projektovanje i planiranje zahtevalo usklađivanje, posebno sa aspekta analize varijantnih rešenja i strateške procene uticaja na životnu sredinu (SPU). Predmetna procena uticaja je obuhvatala vrednovanje značajnih uticaja planova i programa na životnu sredinu (tzv. Procena teritorijalnih uticaja) i određivanje mera prevencije, minimizacije, ublažavanja, remedijacije ili kompenzacije štetnih uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Primenom SPU u planiranju, otvara se prostor za sagledavanje nastalih promena u prostoru i uvažavanje potreba predmetne sredine. U okviru nje se sve planom predviđene aktivnosti kritički razmatraju sa stanovišta uticaja na životnu sredinu, nakon čega se donosi odluka da li će se pristupiti realizaciji plana i pod kojim uslovima, ili će se odustati od planiranih aktivnosti. U radu će se prezentovati primena SPU u planiranju koridora predmetnog autoputa, odnosno definisanje specifičnih ciljeva i indikatora za procenu uticaja autoputa na životnu sredinu i elemente održivog razvoja.*

**Ključne reči:** *Strateška procena uticaja, zaštita životne sredine, autoput, Niš-Merdare*

## **ENVIRONMENTAL PROTECTION IN HIGHWAY CORRIDORS PLANNING: STRATEGIC ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE SPECIAL PURPOSE AREA SPATIAL PLAN FOR THE INFRASTRUCTURAL CORRIDOR OF HIGHWAY E-80, SECTION NIŠ-MERDARE**

**Ljubiša Bezbradica**

*Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Belgrade, e-mail: ljubisa@iaus.ac.rs*

**Boško Josimović, PhD**

*Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Belgrade, e-mail: bosko@iaus.ac.rs*

**Saša Milijić, PhD**

*Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Belgrade, e-mail: sasam@iaus.ac.rs*

**Summary:** *The European route E80 (SEETO route 7) is classified as a first-class road for motor traffic, joining macroregional traffic centres. The discussed section of the highway E-80 from Niš to Merdare represents an important part of this route, and its designing and planning required alignment, in particular with regards to analysing alternative solutions and strategic environmental impact assessment (SEIA). This impact assessment included evaluating significant environmental impacts of plans and programmes (the so-called territory impact assessment) and determining measures to prevent, minimize, mitigate, remedy or compensate for the adverse environmental impacts, as well as impacts on public health. Applying the SEIA in planning creates room for assessing environmental changes and acknowledging the needs of that environment. Within the SEIA, all stipulated activities are critically assessed from the standpoint of environmental impact and afterwards the decision is made as to whether the plan will be executed and under which conditions, or whether the planned activities should be abandoned. This paper will present the use of SEIA in planning*

---

<sup>1</sup> Ljubiša Bezbradica: [ljubisa@iaus.ac.rs](mailto:ljubisa@iaus.ac.rs)



*the said highway corridor, i.e. defining specific goals and indicators to assess the environmental impact of the highway, as well as its impact on sustainable development factors.*

**Keywords:** *strategic impact assessment, environmental protection, highway, Niš–Merdare*

## 1. UVOD

Koridor auto-puta E-80, deonica Niš-Merdare, počinje od petlje „Merošina“ na autoputu E-75, dok se završava u zoni administrativnog prelaza Merdare. Za koridor auto-puta E-80 rezervisan je prostor ukupne dužine od 77 km. Širina pojasa kreće se od 35 m do 70 m od osovine auto-puta. Ukupna širina koridora (pojas autoputa, zaštitni pojas, pojas kontrolisane izgradnje) iznosi 700 m.

Trasa koridora do Prokuplja planirana je na ravničarskim i blago brdovitim terenima, uz projektovanu brzinu od 130 km/h. Kod Prokuplja koridor zaobilazi naselje sa severne strane, i nastavlja se brdovitim terenom (projektovana brzina od 100 km/h). Nastavak planiranog koridor se proteže ravničarskim predelom, prati dolinu reke Toplice (projektovanu brzinu od 130 km/h). Od Kuršumlje trasa autop-puta ulazi u brdovit do planinski deo, dolinom reka Kosanica i Mala Kosanica, sve do prevoja Merdare (projektovanom brzinom od 100 km/h). Planskom i projektnom dokumentacijom predviđeno je sedam petlji, radi povezivanja auto-puta s okolnim naseljima i drugom putnom infrastrukturom.

Izveštaj o strateškoj proceni uticaja Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora auto-puta E-80, deonica Niš-Merdare (PPPPN) na životnu sredinu se radio paralelno sa izradom PPPPN, a prema Odluci o izradi strateške procene uticaja PPPPN, na životnu sredinu.

Planska rešenja, sadržaj i način izrade PPPPN usklađeni su sa odredbama Zakona o planiranju i izgradnji, strateškim smernicama i rešenjima Prostornog plana Republike Srbije i drugim planskim i razvojnim dokumentim. SPU takođe mora biti usklađena sa drugim procenama uticaja na životnu sredinu, planovima i programima zaštite životne sredine i vrši se u skladu Zakonom o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu. Primena SPU u planiranju auto-puteva se bazira na smernicama za izbor optimalnih opcija za minimiziranje ili potpuno sprečavanje potencijalnih konflikata u prostoru koji mogu nastati u korelaciji auto-puteva sa elementima životne sredine. U tom kontekstu, SPU se nameće kao idealan instrument za procenu prostornih/teritorijalnih uticaja auto-puteva na životnu sredinu.

## 2. PREGLED OSNOVNIH KARAKTERISTIKA PLANSKOG PODRUČJA KORIDORA AUTO-PUTA

Područje autoputa E-80 se nalazi u slivu reke Toplice, a planirana trasa predstavlja prostor koji se može podeliti na dve jasno izdvojene predeone celine. Prvu deonicu celinu čini potez od početka trasa do naselja Pločnik, dok drugu čini preostali deo deonice, od naselja Pločnik do administrativnog prelaza Merdare.

Poljoprivredna proizvodnja predstavlja osnovnu delatnost stanovništva na čitavoj trasi i koridoru. Iz dominaciju poluintenzivne i intenzivne voćarska, ratarska i povrtarska proizvodnja, a u izrazito brdsko-planinskom području (Kuršumlja - Merdare), dominira ekstenzivno stočarstvo i voćarstvo, uz sakupljanje šumskih plodova i lekovitog bilja.

Usled specifičnih geomorfoloških karakteristika područja, heterogenih litoloških sastava, klimatološki i hidrološki uslova i uticaja čoveka formirala se specifična struktura zemljišta koja je omogućila stvaranje sledećih tipova zemljišta: smonica, gajnjača, deluvijum, podzolasta zemljišta i dr. Zastupljena su zemljišta srednjeg boniteta od treće do pete bonitetne klase, dok je visok procenat zemljišta niskog boniteta od šeste do osme bonitetne klase.

U slivu Toplice, na nižim delovima zastupljena je umerenokontinentalna klima, sa većim uticajem župne klime, dok prostori na nadmorskoj visini većoj od 600 m imaju subplaninsku i planinsku klimu. Najtopliji mesec je juli, a najhladniji januar i februar sa prosečnom godišnjom temperaturom vazduha od 10.6°C. Srednje godišnje količine atmosferskih padavina u slivu Toplice, iznose 589,6 mm.

Trasu koridora, odnosno područje trase karakteriše značajna raznolikost biodiverziteta flora i fauna. Izdvaja se fauna vodozemaca i gmizavaca, sa većim brojem prisutnih zaštićenih i strogo zaštićenih divljih vrsta kao i ornito fauna. Duž trase autoputa na različitim lokacijama potvrđeno je prisustvo preko 120 vrsta strogo zaštićenih i zaštićenih vrsta ptica (Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora autoputa E-80, deonica Niš-Merdare).

### 2.1 Pregled pojedinih činilaca životne sredine

Kao mogući izvori zagađenja vazduha sa ograničenim uticajem u neposrednoj blizini postojećih saobraćajnica pojavljuju se: državni put br. 1b 35 (M-25), državni put br. 11a 216, magistralna jednokolosečna elektrificirana železnička pruga br.3 Beograd–granica sa Makedonijom, regionalne jednokolosečne

neelektrificirane pruge i to: pruga br. 62, pruga br.68 Kuršumlija – Kastrat i pruga br.71. Grejanje u domaćinstvima u zimskom periodu takođe se javlja kao izvor značajnog zagađenja u Prokuplju i Kuršumliji. Radom industrijskih postrojenja i poljoprivredna proizvodnja utiču na kvalitet površinskih voda. Glavne izvore zagađenja površinskih voda predstavljaju netretirane industrijske i komunalne otpadne vode, drenažne vode iz poljoprivrede, ocedne i procedne vode iz deponija.

Na stanje i kvalitet zemljišta, pored brojnih prirodnih procesa (erozivni procesi, klizišta, bujični tokovi) značajne uticaje imaju antropogene pojave i procesi, među kojima su najznačajniji: zagađivanje zemljišta hemijskim sredstvima i organskim đubrivima pri poljoprivrednoj proizvodnji; industrijski procesi; rudarski radovi; neadekvatno deponovanje otpada, egzistovanje nesanitarnih septičkih jama, zagađivanje zemljišta uz puteve usled nerešenog odvodnjavanja, promena namena prostora itd. Neodgovarajuća praksa u poljoprivredi, uključujući nekontrolisanu i neadekvatnu primenu veštačkih đubriva i pesticida, kao i odsustvo kontrole kvaliteta vode koja se koristi za navodnjavanje, samo su neki od razloga zagađenja zemljišnih resursa. Takođe, sporadična pojava teških metala u zemljištu je proizvod netretiranih procednih voda sa deponija i rudarsko-energetskih objekata. Zagađenje zemljišta zastupljeno je u područjima intenzivne industrijske aktivnosti, neadekvatnih odlagališta otpada, rudnika, kao i na mestima različitih akcidenata. Zemljišni resursi Topličkog području spadaju u red umereno zagađenih usled primene agrotehničkih mera. Nerešenost komunalnih problema, nerešeno pitanje prečišćavanja otpadnih komunalnih voda, kao i neadekvatna i zastarela vodovodna mreža dovodi do opasnosti da ova sredina pređe u sredinu sa određenim stepenom ugroženosti po kvalitet života i zdravlje ljudi.

Naznačajniji izvori buke su: odvijanja saobraćaja na državnim putevima i rad industrijskih postrojenja u urbanim sredinama. Pored trase planiranog putnog pravca locirano je više naselja koja mogu biti izložena prekomernim nivoima saobraćajne buke.

### 3. CILJEVI I ZADACI PPPPN

Cilj izrade PPPPN je između ostalog obezbeđivanje prostornih uslova za izgradnju, opremanje i funkcionisanje auto-puta E-80.

Neki od operativnih ciljevi izrade PPPPN su:

- ✓ rezervisanje prostora za infrastrukturni koridor auto-puta;
- ✓ utvrđivanje posebnog režima zaštite koridora i kontaktnih područja;
- ✓ obezbeđivanje uslova za očuvanje i unapređenje kvaliteta saobraćajne povezanosti i dostupnosti naselja, privrednih i turističkih kompleksa;
- ✓ utvrđivanje lokacija funkcionalnih pratećih sadržaja auto-puta;
- ✓ utvrđivanje lokacija pratećih sadržaja za potrebe korisnika puta;
- ✓ usklađivanje položaja auto-puta i ostalih postojećih i planiranih infrastrukturnih sistema u koridoru;
- ✓ smanjenje negativnih uticaja auto-puta na životnu sredinu u širem zaštitnom pojasu;
- ✓ obezbeđenje zaštite od buke na delovima koridora koji prolaze pored naselja;
- ✓ očuvanje i unapređenje prirodnih, kulturnih i drugih vrednosti u koridoru;
- ✓ očuvanje i zaštita lokalnih izvorišta vodosnabdevanja i kvaliteta vode u vodotocima; i
- ✓ očuvanje postojećeg kvaliteta poljoprivrednog zemljišta и шумског земљишта.

Planski zadaci predstavljaju:

- ✓ rezervisanje prostora za objekte auto-puta i utvrđivanje uslova i mera za zaštitu;
- ✓ ublažavanje razvojnih, prostornih i ekoloških konflikata između auto-puta, ostalih infrastrukturnih sistema i neposrednog okruženja;
- ✓ obezbeđenje uslova za kvalitetno saobraćajno povezivanje naselja;
- ✓ utvrđivanje smernica i osnova za izmenu i dopunu važećih i izradu novih planskih dokumenta na planskom području, kao i izradu tehničke dokumentacije; i
- ✓ regulaciona razrada planskih rešenja i utvrđivanje smernica PPPPN za direktno sprovođenje (Zakon o prostornom planiranju i izgradnji).

### 4. STRATEŠKA PROCENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU (SPU)

Kriterijumi za utvrđivanje mogućnosti značajnih uticaja na životnu sredinu PPPPN zasnivaju se na karakteristikama plana i karakteristikama uticaja. Pored navedenih kriterijuma, posebno je važna identifikacija problema zaštite životne sredine na prostoru koji je pod direktnim uticajem putnog objekta. Aktivnosti i analize mogućih implikacija na kvalitet životne sredine, se posebno odnose na:

- ✓ kvalitet osnovnih činilaca životne sredine;
- ✓ povećanje intenziteta buke;
- ✓ prirodne vrednosti i biodiverzitet;

- ✓ nepokretna kulturna dobra; i
- ✓ uticaje u slučaju akcidentnih situacija.

#### 4.1. Ciljevi i indikatori

Planska rešenja predstavljaju različite načine sredstva i mere realizacije ciljeva u pojedinim sektorima razvoja, kroz razmatranje mogućnosti korišćenja određenog prostora za specifične namene i aktivnosti. Planiranje je ključna karika u sistemu upravljanja promenama u životnoj sredini, a pionirski proces planiranja je formiranje baze podataka. Sastavni deo informacionog sistema predstavljaju indikatori. Pokazatelji upravljanja životnom sredinom predstavljaju bitan segment u okviru izrade prostornog plana. Svrha njihovog korišćenja je u usmeravanju planskih rešenja ka ostvarenju ciljeva koji se postavljaju. Izbor indikatora u tabeli 4.1. je u skladu sa planiranim aktivnostima na području PPPN i njihovim mogućim uticajima na kvalitet životne sredine

**Tabela 1. Ciljevi i indikatori SPU**

Posebni ciljevi SPU	Indikatori
Zaštita kvaliteta vazduha	Učestalost prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti za SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO i PM <sub>10</sub> kao posledica izgradnje autoputa
Unapređenje kvaliteta podzemnih i površinskih voda	Serbian Water Quality Index (SWQI) Emisije zagađujućih materija u vodna tela
Očuvanje poljoprivrednog i šumskog zemljišta	Promena površina namene zemljišta (%) Štete u šumama
Zaštita biodiverziteta	Ugrožene i zaštićene vrste Diverzitet vrsta
Očuvanje i unapređenje predela	Upravljanje kontaminiranim lokalitetima
Očuvanje prirodnih dobara	Zaštićena područja
Očuvanje kulturnih dobara	Broj i značaj potencijalno ugroženih nepokretnih kulturnih dobara
Smanjiti uticaj na stanovništvo, naselja i objekte	Broj stambenih objekata u zoni sa povećanim nivoom buke
Podsticanje ekonomskog razvoja i zaposlenosti	Broj zaposlenih na izgradnji i u eksploataciji auto-puta Dužina novih/ rekonstruisanih puteva (km) Broj novih pristaništa
Zaštita od akcidenta	Površina obuhvaćena mogućim akcidentima Izloženost stanovništva, objekata, biljnog i životinjskog sveta mogućim akcidentima

Izvor: Izveštaj o strateškoj proceni uticaja Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora autoputa E-80, deonica Niš-Merdare na životnu sredinu

Prilikom izrada SPU, primenjuju se modeli multikriterijumske kvalitativne ekspertske evaluacije planskih rešenja u odnosu na definisane posebne ciljeve strateške procene i pripadajuće indikatore održivog razvoja. Prezentacija mogućih uticaja primenom matrica omogućava jasan uvid u pozitivne i negativne uticaje svakog pojedinačnog planskog rešenja što je, u kontekstu učešća zainteresovanih organa, organizacija i javnosti, od posebnog značaja. Osnova za razvoj ovog modela jesu metode koje su potvrdile svoju vrednost u zemljama Evropske unije. Implementirana metodologija je zasnovana na kvalitativnom vrednovanju životne sredine u području plana, neposrednom i širem okruženju, kao osnove za valorizaciju prostora za dalji održivi razvoj (Josimović, 2017).

#### 4.3. Smernice za smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu

Cilj smernica za zaštitu je identifikovanje negativnih uticaja na životnu sredinu usmeravanje u okviru granica prihvatljivosti sa ciljem sprečavanja ugrožavanja životne sredine. One omogućavaju razvoj i sprečavaju konflikte u prostoru što je u funkciji realizacije ciljeva održivog razvoja.

Na osnovu rezultata izvršene multikriterijumske analize prioriternih aktivnosti koje su predviđene planskim dokumentom, utvrđuju se smernice za zaštitu životne sredine.

Opšte smernice:

- ✓ sprovođenje zakonske regulative koja se odnosi na zaštitu životne sredine i preuzetih međunarodnih obaveza koje se odnose na sektor saobraćajne infrastrukture i sektor zaštite životne sredine;

- ✓ predviđanje širine zaštitnog pojasa auto-puta od 40 m u odnosu na zemljišni pojas autoputa, na spoljnu stranu i širinu pojasa kontrolisane gradnje iznosi 40 m sa spoljne strane zaštitnog pojasa;
- ✓ obavezno je sprovođenje smernica za zaštitu životne sredine definisanih u SPU i njihova detaljna rezrada;
- ✓ obavezno je sprovođenje monitoringa kvaliteta životne sredine definisanim u SPU;
- ✓ obavezno je vlasnicima objekta koja su direktno ugroženi realizacijom putnog objekata obezbediti nadoknadu.

#### 4.3.1. Vazduh

Prilikom građevinskih radova neophodno je sprovođenje mera radi sperčavanja negativnog uticaja na kvalitet vazduha. Potrebno je sprovesti čišćenje vozila pre izlaska na javne površine i obavezno prekrivanje ili vlaženje materijala koji se transportuje kako ne bi došlo do njegovog razvejanja. U suvim i vetrovitom periodima sprovodi se redovno vlaženje površina sa kojim može doći do razvejanja prašine. Takođe je neophodno obezbediti tehničku ispravnost mehanizacije tehničkim kontrolama normi emisije štetnih gasova. Usled ugroženosti objekata, u neposrednoj blizini projektnom dokumentacijom se omogućuje formiranje zelenih zaštitnih šumskih pojaseva, od različitih zasada otpornih na zagađenje vazduha, kao i izrada projekta pejzažnog rešenja za zaštitu od zagađenja vazduha u neposrednoj blizini pratećih sadržaja autoputa (odmorišta, stanice za snabdevanje gorivom itd)

#### 4.3.2. Buka

U neposrednoj blizini trase planiranog auto-puta identifikovano je više naselja koja mogu biti izloženi prekomernim nivoima buke u toku izgradnje i toku eksploatacije auto-puta. Prilikom projektovanja trase auto-puta u fazi Idejnog projekta, odnosno prilikom izrade Studije o proceni uticaja na životnu sredinu neophodno je modelovanje saobraćajne buke na osnovu čijih rezultata će se u toku izgradnje i eksploatacije predvideti mere koje su neophodne za umanjenje uticaja na okolinu.

Prilikom izvođenja radova neophodno je vršiti redovan monitoring buke u neposrednoj blizini gradilišta i zahtevati od izvođača radova da poštuje mere ublažavanja od buke, kao i da koristiti modernu opremu sa prugušivačima buke. Takođe je neophodno pridržavati se uobičajnih radnih sati u toku dana i ograničavanje rada opreme s bukom uz obaveznu upotrebu zaklona.

Puštanjam auto-puta u eksploataciju mora se raditi tehnička dokumentacija za tehničke mere zaštite od buke unutar zemljišnog pojasa pri čemu se obezbeđuje, da na mestima gde dolazi do prekoračenja saobraćajne buke, u blizini naseljenih mesta i objekata, konstrukcija za zaštitu od buke. Takođe one moraju da zadovolje akustične, konstruktivne i vizuelne karakteristike.

#### 4.3.3. Zemljište

Zemljišni resursi su relativno očuvani od zagađenja na predmetnom području i velikim delom pogodni za eksploataciju i proizvodnju hrane. Zaštite auto-puta od spiranja i odronjavanja se vrši ozelenjavanjem travom, šibljem i drugim autohtonim rastinjem koja ne ugrožava preglednost puta kosina, useka, zaseka i nasipa, kao i druge kosine na lokacijama gde je to moguće. Korisni humusno-akumulativni sloj materijala koji će biti skinut prilikom izgradnje puta se može koristiti za humuziranje kosina nasipa.

Izbegavanje zbijanja tla, zabrana korišćenja neplaniranih pristupnih puteva i parkinga, sprečavanje izlivanja naftnih i drugih opasnih materija, sakupljanje ambalaže i voda od pranja mašina voda na adekvatan način, kontrolisano upravljanje sa pozajmištima i deponijama, odvođenje atmosferskih voda samo su neki od mera koja se moraju realizovati prilikom izgradnje auto-puta.

#### 4.3.4. Vode

Korišćenje i zaštita voda ostvaruje se u okviru integralnog upravljanja vodama sprovođenjem mera za očuvanje površinskih i podzemnih. Otpadne vode se ispuštaju uz primenu odgovarajućeg tretmana, na način i do nivoa koji ne predstavlja opasnost od zagađivanja. Zaštite voda se obezbeđuju sprečavanjem unošenja u vode opasnih, otpadnih i drugih štetnih materija, odnosno omogućavanjem praćenje i ispitivanje kvaliteta površinskih, podzemnih voda i otpadnih voda.

Zaštita i sprečavanja nepovoljnog uticaja auto-puta na kvalitet voda vrši se očuvanjem kvaliteta površinskih i podzemnih voda u skladu sa zahtevanom klasom kvaliteta. Postavljanje nasipa u blizini vodotoka se radi na način da se koristi odgovarajući materijal kao što je šljunak bez primesa zemlje ili drugih nečistoća. Prilikom projektovanja neophodno je predvideti: zone od biljnog pokrivača između saobraćajnice i vodnih tela; zaštitu

od erozije i sedimentacije; obezbeđivanja izvorišta podzemnih i površinskih voda i zaštitu vodonosnih slojeva od zagađenja; obezbediti proticanje merodavnih računskih velikih voda građenjem propusta i mostova i da autoput ne prekida vodonosne slojeve. Pre upustanja otpadnih atmosferskih voda s auto-puta u recipijent, neophodno je njihovo prečišćavanje, kao i drugih otpadnih voda iz objekata koji su u funkciji auto-puta.

#### 4.3.5. Prirodna dobra, flora i fauna

Prilikom izgradnje auto-puta potrebno je sprovesti mere zaštite kako bi se uticaji na floru i faunu posmatranog prostora minimalizovali. Neophodno je organizovati gradilište na minimalnoj površini potrebnoj za njegovo funkcionisanje, odnosno pri izboru lokacije voditi računa da to ne bude prostor sa izraženim karakteristikama flore i faune kako bi se izbegao nepotreban gubitak biotopa. U periodu pripreme lokacije i izvođenja radova, prilikom seče šumske vegetacije, neophodno je isplanirati izvlačenje i skladištenje drvene mase, do njene predaje vlasniku. Takođe, pored navedenih mera, potrebno je:

- ✓ definisati lokacije eventualnih pozajmišta zemlje, izvorišta kamena i lokacije za odlaganje otkrivke koju nakon izvršenih radova treba iskoristiti za sanaciju pozajmišta;
- ✓ ograničiti prostor za manipulaciju građevinskih mašina;
- ✓ u slučaju da tokom radova na lokaciji dođe do havarijskog izlivanja goriva, ulja i dr. opasnih i štetnih materija i supstanci, neophodno je Projektom za izvođenje predvideti blagovremenu evakuaciju zagađenog zemljišta na mesto i pod uslovima nadležne komunalne službe i trenutnu sanaciju terena; i
- ✓ ukoliko se tokom zemljanih radova a prilikom izgradnje mosta, naiđe na prirodno dobro koje je geološko - paleontološkog ili mineraloško – petrografskog porekla (za koje se pretpostavlja da ima svojstva prirodnog spomenika), izvođač radova je dužan da o tome obavesti nadležno Ministarstvo i da preuzme sve mere kako se prirodno dobro ne bi oštetilo do dolaska ovlašćenog lica.

U skladu s odredbama Zakona o zaštiti prirode i Uredbe o režimima na području ekološke mreže (IPA područja „Lalinačke slatine“, EMERALD područje „Radan“ i PBA područje „Radan“) obaveza je sprovođenje mere zaštite. Neophodna je izgradnja posebnih tehničkih konstrukcija prelaza ili prolaza, kako bi se omogućila komunikacija između delova staništa većeg broja vrsta sisara i vodenih organizama. Zabranjeno je uništavanje i narušavanje staništa divljih vrsta kao i njihovo uznemiravanje, odnosno izbegavanje seče i uništavanja strogo zaštićenih drvenastih vrsta.

#### 4.3.6. Slučaj udesa i požara

U slučaju udesa vozila koja transportuju opasne materije neophodno je predvideti posebne mere zaštite i niz mera koje su planirane u sklopu opšte zaštite životne sredine u slučajevima havarijskih zagađenja. Mostovi preko vodotokova predstavljaju najugroženija mesta na auto-putu, kao i nasipi preko 5 m, na kojima postoji najveći rizik od zagađenja usled akcidenta. Mere prevencije predstavljaju obavezu predviđanja tehničkih mere zaštite u poprečnom profilu puta (izdignuti ivičnjaci, popunjavajući slojevi, hidroizolacioni slojevi). Takođe je neophodno predvideti mere ograničenja brzine za vozila koja prevoze opasne terete koje su predviđene Zakonom o bezbednosti saobraćaja na putevima. Mere sanacije predviđaju:

- ✓ evakuaciju i neutralizaciju toksičnih supstanci;
- ✓ u slučaju havarije vozila sa opasnim teretom (u praškastom, granularnom, tečnom ili gasovitom stanju) saobraćaj obavezno zaustaviti, prebaciti na drugu traku autoputa i poslati zahtev specijalizovanoj službi
- ✓ potrebno je ograničiti isticanje opasne materije;
- ✓ potrebno je ograničiti izlivenu tečnost na prostor na koji se izliva;
- ✓ prikupljene materije tretirati sa posebnim postupcima regeneracije i njihovo deponovanje na specijalizovane deponije;
- ✓ obavezna upotreba specijalnih sorbenasa i drugih sredstva za dekontaminaciju terena i saniranje posledica na mestu izlivanja opasnih materija;
- ✓ ukoliko dođe do zagađenja u granicama i van granica putnog pojasa obavezno primeniti metode remedijacije kako zemljišta tako i podzemnih voda ukoliko dođe do kontakta;
- ✓ tehničkom dokumentacijom predvideti preventivne i operativne mere zaštite, reagovanje i postupke sanacije za slučaj havarijskog izlivanja opasnih materija u okolinu (Izveštaj o strateškoj proceni uticaja Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora autoputa E-80, deonica Niš-Merdare na životnu sredinu. 2017).

## 5. ZAKLJUČAK

Prilikom izrade PPPPN i SPU, analizirana su pitanja u vezi sa zaštitom životne sredine i definisani uslovi kojima se planirane aktivnosti mogu realizovati. Zaštita životne sredine podrazumeva implementiranje opštih mera zaštite životne sredine, prirode i svih propisa utvrđenih zakonskom regulativom i uslovima nadležnih institucija.

Uticaji planskih rešenja na kvalitet životne sredine i biodiverzitet se analizira radi pronalaska ekološki najprihvatljivijeg rešenja kojima bi se umanjila opasnost od narušavanja kvaliteta životne sredine na trasi koridora i okolini auto-puta.

Analizom planskih rešenja, posebno su razmatrane moguće implikacije budućeg auto-puta i pratećih sadržaja na životnu sredinu.

Posmatrajući i analizirajući uticaje planskih rešenja na ciljeve SPU, može se zaključiti da će realizacija planiranog auto-puta proizvesti pozitivne i negativne uticaje na obrađivanom području.

Negativni uticaji planskih rešenja su okarakterisani kao mali i lokalnog karaktera, odnosno nisu ocenjeni kao strateški značajni. To su uticaji koji se odnose na moguće povećanje zagađujućih materija u vazduhu i povećanje intenziteta buke, odnosno mogućem izlaganju stanovništva ovim uticajima na deonicama gde auto-put prolazi u blizini naselja ili stambenih objekata.

Pored negativnih uticaja moguće je očekivati jake strateški značajne pozitivne uticaje planskih rešenja na ciljeve SPU. Oni se ogledaju na podsticanje ekonomskog razvoja čitavog predmetnog područja povezivanjem regiona sa autoputem E-75, čime se povećava dostupnost i stvaraju preduslovi za investicije i ekonomski razvoj. U okviru mera zaštite prirode, prirodnih vrednosti, nepokretnih kulturnih dobara i životne sredine otvara se mogućnost preventivne i aktivne zaštite. Takođe, njima se relativizuju svi procenjeni negativni uticaji planskih rešenja na ciljeve životne sredine. Pored toga se utvrđuju identifikovani pozitivni uticaji, što je sa aspekta uticaja PPPPN na životnu sredinu od izuzetnog značaja.

Rezimirajući sve navedeno, Strateška procena uticaja Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora auto-puta E-80, deonica Niš-Merdare na životnu sredinu predstavlja osnovni i najvažniji instrument za analizu mogućih uticaji planiranih namena na sve elemente životne sredine. Pored toga SPU i PPPPN predviđa odgovarajuće planske i određene tehničke mere zaštite, kako bi planirane aktivnosti bile u funkciji realizacije ciljeva održivog razvoja.

## Literatura

- Zakon o prostornom planiranju i izgradnji, Sl. glasnik RS, br. 72/09, 81/09 – odluka US, 64/10, 24/11, 121/12, 42/13 – odluka US, 50/13 – odluka US, 98/13 – odluka US, 132/14, 145/14, 83/18 i 31/19.
- Zakon o zaštiti prirode, Sl. glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010, 91/2010 – ispr., 14/2016 i 95/2018- dr. zakon.
- Zakon o zaštiti zemljišta, Sl. glasnik RS, br. 112/15 .
- Zakon o poljoprivrednom zemljištu, Sl. glasnik RS, br. 62/06, 65/08 – dr. zakon, 41/09, 112/15, 80/17 i 95/18 – dr. zakon.
- Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, 2017. *Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora autoputa E-80, deonica Niš-Merdare*, Beograd.
- Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, 2017. *Izveštaj o strateškoj proceni uticaja Prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora autoputa E-80, deonica Niš-Merdare na životnu sredinu*, Beograd.
- Josimović, B. 2017. *Prostorni uticaji vetroelektrana na životnu sredinu*. Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.



## **PRAVILNO ISKORIŠĆENJE PROSTORA PRI PROJEKTOVANJU SAOBRAĆAJNICA U GRADOVIMA**

**Asis. Stefan Vranjevac<sup>1</sup>, master inž. građ.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [svranjevac@grf.bg.ac.rs](mailto:svranjevac@grf.bg.ac.rs)*

**V. prof. dr Dejan Gavran, dipl.građ.inž.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [gavran@eunet.rs](mailto:gavran@eunet.rs)*

**Doc. dr Sanja Fric, dipl.građ.inž.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [sfric@grf.bg.ac.rs](mailto:sfric@grf.bg.ac.rs)*

**Asis. Vladan Ilić, master inž.građ**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [vilic@grf.bg.ac.rs](mailto:vilic@grf.bg.ac.rs)*

**Asis. Filip Trpčevski, master inž. građ.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [ftprcevski@grf.bg.ac.rs](mailto:ftprcevski@grf.bg.ac.rs)*

**Asis. Miloš Lukić, master inž. građ.**

*Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [mlukic@grf.bg.ac.rs](mailto:mlukic@grf.bg.ac.rs)*

**Rezime:** *Pri novoprojektovanju ili rekonstrukciji saobraćajnica u gradovima posebna pažnja mora biti usmerena na prioritetne vidove saobraćaja, pre svega na pešake, bicikliste i javni gradski prevoz. Sve češće smo svedoci rekonstrukcija saobraćajnica u gradovima u kojima se prioritet daje automobilima, čime se pešacima ne ostavlja ni apsolutni minimum prostora za normalno funkcionisanje. Time se stanovnici stimulišu na što veće korišćenje sopstvenih automobila, što prouzrokuje još veće probleme i izrazito negativno utiče na životnu sredinu. Može se primetiti da se već duži niz godina u svetskim metropolama teži potpunom izbacivanju privatnih automobila iz užeg centra grada, dok se nažalost kod nas još uvek prvo zadovolje potrebe automobila, pa se tek onda okrećemo drugim vidovima prevoza.*

*Svrha ovog rada je da se projektantima skrene pažnja na važnost pravilnog iskorišćenja prostora, pri čemu je u gradovima od presudnog značaja ostavljanje dovoljnog prostora za nesmetano kretanje pešaka i funkcionisanje javnog gradskog prevoza.*

**Ključne reči:** *Saobraćajnice u gradovima, korišćenje prostora, pešaci, javni gradski prevoz*

## **OPTIMIZE USAGE OF THE SPACE IN THE URBAN STREETS DESIGN**

**Res. Asst. Stefan Vranjevac, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [svranjevac@grf.bg.ac.rs](mailto:svranjevac@grf.bg.ac.rs)*

**Prof. Dejan Gavran, Ph.D. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [gavran@eunet.rs](mailto:gavran@eunet.rs)*

**Asst. Prof. Sanja Fric, Ph.D. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [sfric@grf.bg.ac.rs](mailto:sfric@grf.bg.ac.rs)*

**Res. Asst. Vladan Ilić, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [vilic@grf.bg.ac.rs](mailto:vilic@grf.bg.ac.rs)*

**Res. Asst. Filip Trpčevski, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [ftprcevski@grf.bg.ac.rs](mailto:ftprcevski@grf.bg.ac.rs)*

**Res. Asst. Miloš Lukić, M.Sc. C.E.**

*Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [mlukic@grf.bg.ac.rs](mailto:mlukic@grf.bg.ac.rs)*

---

<sup>1</sup> Stefan Vranjevac: [svranjevac@grf.bg.ac.rs](mailto:svranjevac@grf.bg.ac.rs)



**Abstract:** *In the new design or reconstruction of roads in cities, special care must be focused on priority types of transport, primarily for pedestrian, cyclists and public transport. We are increasingly witnessing the reconstruction of roads in cities where priority is given to cars, which does not leave the pedestrians the absolute minimum space for normal functioning. This encourages citizens to use their own cars as much as possible, which causes even greater problems and a extremely negative impact on the environment. It can be noticed that for many years now in the world's metropolises, it is aimed at completely throwing out private cars from the center of the city, while unfortunately, we are still satisfied first with the needs of cars, and then we turn to other types of transport.*

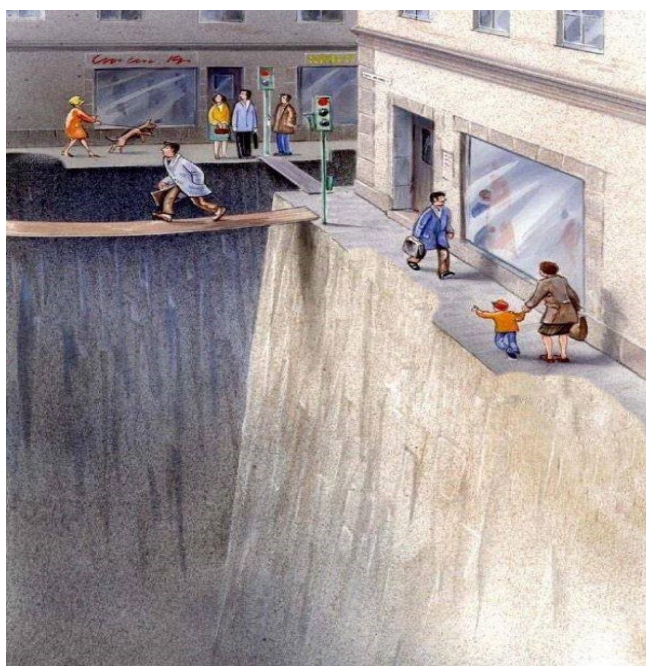
*The purpose of this paper is to draw attention to the designers on the importance of proper space utilization, whereby in cities it is crucial to leave sufficient space for unhindered movement of pedestrians and the functioning of public transport.*

**Keywords:** City roads, space utilization, pedestrian, public transport

## 1. UVOD

Projektovanje saobraćajnica u gradovima zahteva sistematski rad širokog spektra stručnjaka. Svi ti stručnjaci moraju delovati zajedno i jedino tako se mogu dobiti zadovoljavajuća rešenja za sve učesnike u saobraćaju. Smernice i saveti dati u ovom radu se baziraju na novogradnje i rekonstrukcije saobraćajnica. Rekonstrukcije su naročito značajne jer se sve više javljaju potrebe za njima, a zahtevaju promene regulacionih linija, odnosno poprečnih profila. Ovi zahvati bi trebalo da prouzrokuju poboljšanje nivoa usluge, ali nažalost to nije uvek slučaj. Zbog manjka zakonske i tehničke regulative za projektovanje saobraćajnica u gradovima (postoje tehnička uputstva koja nisu zakonska obaveza), često dolazi do proizvoljnog usvajanja dimenzija pojedinih elemenata što kasnije prouzrokuje otežano kretanje raznim učesnicima u saobraćaju, jer nije obezbeđen ni minimum slobodnog profila.

Nesavesno korišćenje gradskih površina u kome se prioritet daje automobilima najbolje ilustruje slika 1.



**Slika 1.** *Površine prepuštene automobilima su uklonjene*  
*Izvor: Karl Jilg/Swedish Road Administration*

Obavezan zahtev pri rekonstrukciji bi trebala da bude studija pre i posle, koja omogućava uvid u efekte ovog velikog investicionog ulaganja i daje podatke koji će olakšati i poboljšati buduće projekte.

## 2. PODELA GRADSKO PUTNE MREŽE

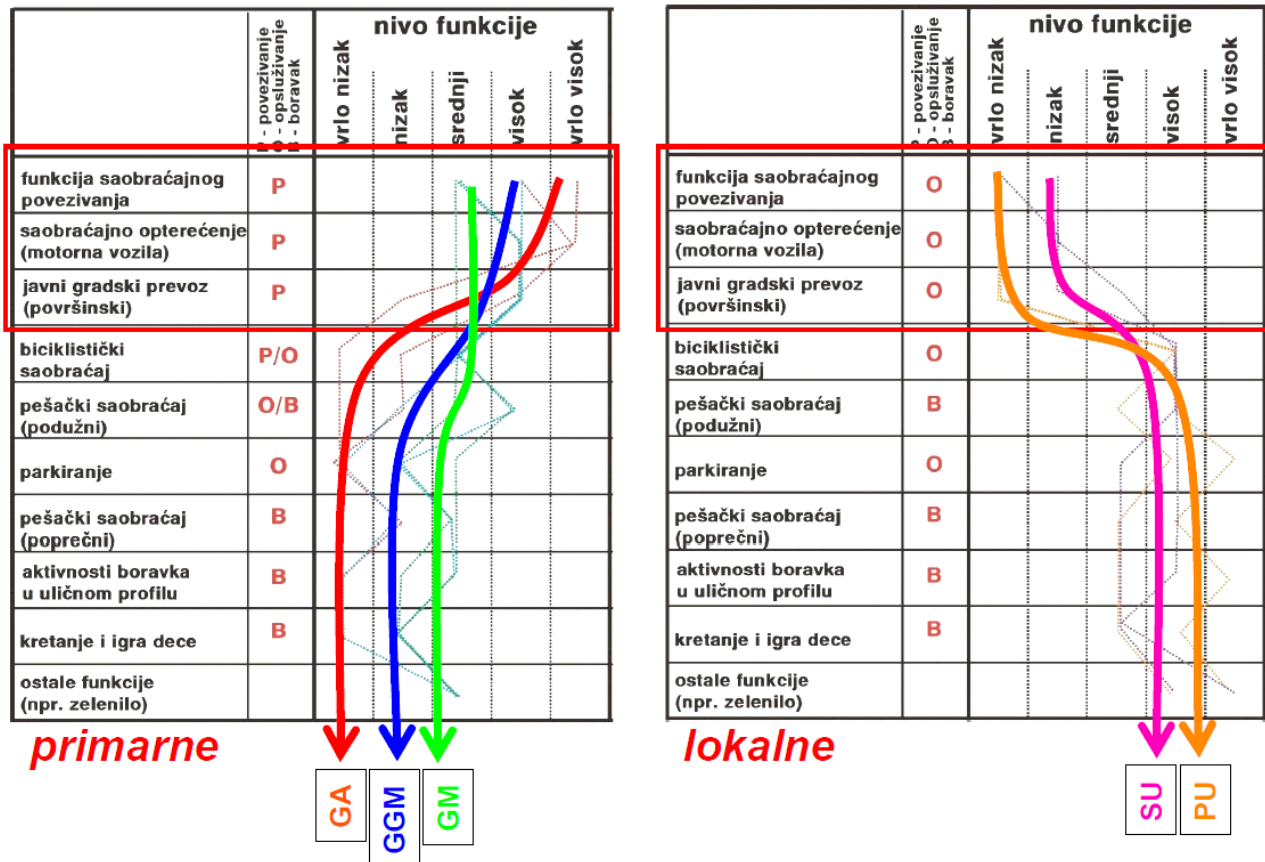
Osnovna podela gradske putne mreže se vrši na osnovu funkcije. Pa tako gradsku putnu mrežu delimo na:

- Primarnu (gradski autoput i gradske magistrale)
- Sekundarnu (sabrne i pristupne ulice)

Funkcija primarne gradske putne mreže je saobraćajno povezivanje, dok je funkcija sekundarne putne mreže opsluživanje sadržaja. Projektni elementi primarne putne mreže su funkcija merodavne brzine, dok se kod

sekundarne (lokalne) putne mreže projektni elementi biraju tako da se ne mogu razviti velike brzine koje bi ugrozile bezbednost, najčešće ne veće od 30km/h-50km/h.

Na slici 2 prikazane su funkcije različitih tipova gradskih saobraćajnica.



Slika 2. Funkcije različitih tipova gradskih saobraćajnica  
Izvor: (L1)

### 3. SAOBRAĆAJNICE U SKLOPU URBANISTIČKOG PLANIRANJA

Još u procesu planiranja saobraćajnica u gradovima detaljno treba razmotriti urbanistički plan cele oblasti. Time se dobija jasna slika o kompletnoj nameni površina kojima jedna saobraćajnica služi. Ne sme se dopustiti veliko odstupanje između ponude i potražnje. Ako je potražnja veća od ponude javiće se zagušenje saobraćajnice, dok se u suprotnom slučaju neracionalno troši vredna gradska površina. Zbog toga detaljno treba razmotriti sadržaje koji se uz saobraćajnicu nalaze. Ovo je nažalost čest problem, jer se najčešće uz potpuno odstupanje od urbanističkog plana grade razni objekti široke namene (tržni centri, sportske arene i sl.) koji prouzrokuju veliki priliv automobila koji prethodno projektovana saobraćajnica nije u stanju da opsluži. Planiranjem i projektovanjem saobraćajnice treba detaljno razmotriti sve dobre i loše strane koje ona donosi. Urbanizam mora da kontroliše država i ne sme se dopustiti privatnim investitorima da svojim objektima ugroze funkcionisanje javnih površina.

U ranim fazama planiranja saobraćajnica bitno je imati različit metodološki pristup za primarnu gradsku mrežu i sekundarnu (lokalnu) mrežu. Merodavni planski period ovih saobraćajnica prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Merodavni planski period saobraćajnica u gradovima

Kategorija saobraćajnice	Period
GA, GGM	20-30 godina
GM, SU (novogradnja) GA, GGM (rekonstrukcija)	10-20 godina
GM, SU (rekonstrukcija) GA, GGM (zahvati u okviru regulacionih linija)	5-10 godina
Rehabilitacija	1-5 godina

Izvor: (L1)

Kako su deonice primarne putne mreže od presudnog značaja za razvoj celog grada poželjno je da se izrada generalnog projekta vrši u okviru gradskih institucija u kojima bi bili angažovani najbolji projektanti. Ukoliko se izrada generalnog projekta vrši u privatnim projektantskim organizacijama grad treba da vrši konstantnu i neposrednu kontrolu. Takođe, obaveza gradskih vlasti kao investitora mora da bude uključivanje šire javnosti u kompletan proces. Ne treba zaboraviti da je u toku izrade generalnog projekta mogućnost uticaja na cenu i kvalitet projekta najveći. U okviru generalnog plana putne mreže treba uraditi saobraćajne analize i prognoze. Ukoliko nisu na raspolaganju veća sredstva za obavljanje detaljnih analiza, onda je makar potrebno uraditi prosto brojanje saobraćaja u različitim danima u nedelji u prosečnom mesecu i tako napraviti neku procenu koja kasnije može biti od velikog značaja. Analizu saobraćaja je potrebno uraditi za sve vidove transporta. Rezultati ovih analiza treba da budu sledeći:

- Saobraćajno opterećenje deonice i raskrsnica
- Vremenske varijacije opterećenja
- Merodavno časovno opterećenje
- Opterećenje po vozilima
- Neravnomernost opterećenja po smerovima
- Merodavni nivo usluge deonice
- Bezbednost saobraćaja

Pre početka projektovanja potrebno je definisati funkcionalni rang saobraćajnice, kao i vrednosti osnovne i računске brzine. Osnovna brzina predstavlja pokazatelj nivoa usluge i približno je jednaka srednjoj brzini toka pri merodavnom saobraćajnom opterećenju. Računska brzina služi za dimenzionisanje elemenata puta, za razliku od vangradskih puteva kod kojih je uslovljena kategorijom terena, ovde je ograničena prostornim uslovima. Trebalo bi je dobiti na osnovu sintezne karte ograničenja. U ovoj fazi treba doneti odluke i o nivou integracije različitih vidova saobraćaja. Dakle, treba definisati koje površine služe kom vidu saobraćaja. Takođe definišu se tipovi raskrsnica na tom saobraćajnom potezu i način povezivanja različitih vidova saobraćaja kroz korišćenje gradskog prevoza.

Posle konačnog odabira osnovnih konceptijskih parametara za projektovanje potrebno je uraditi nove analize, pre nego što se pristupi procesu projektovanja:

- Urbanističke i prostorne analize
- Funkcionalne analize (profil brzina merodavnog vozila, uslovi kretanja pešaka)
- Saobraćajne analize (nivo usluge, srednja brzina, bezbednost)
- Uticaj na životnu sredinu (zaštita voda, zaštita od buke, uklapanje u pejzaž)
- Uticaj na komunalne sisteme
- Ukupni obim radova

Jedna od najvažnijih stvari u procesu realizacije projekta trebalo bi da bude formiranje Sinhron plana u kome se daje potpis svih učesnika u projektu. U sinhron planu se vrši konačno usklađenje projektne dokumentacije između glavnog odgovornog projektanta, glavnog urbaniste, rukovodioca izrade uticaja na životnu sredinu i odgovornog projektanta izrade pratećih elemenata. Ovaj dokument bi se trebao dati na saglasnost svim nadležnim institucijama (L1).

#### 4. DEFINISANJE POPREČNOG PROFILA

Definisanje geometrijskog poprečnog profila predstavlja ključnu stvar u procesu projektovanja gradske saobraćajnice. Na osnovu prostornih ograničenja (regulacione linije), saobraćajnog opterećenja različitih vidova saobraćaja, ranga saobraćajnice, itd. definišu se dimenzije u poprečnom profilu. Jedna ista saobraćajnica može imati različite tipove geometrijskih poprečnih profila koji se mogu menjati na nekoliko desetina metara ukoliko to obezbeđuje veću propusnu moć, jer saobraćajno opterećenje ne mora imati konstantnu vrednost duž cele deonice.

Normalni poprečni profil predstavlja tipsko rešenje u standardnom okruženju pri standardnim saobraćajnim uslovima. Njime se utvrđuju fizičke razmere putne konstrukcije, definišu interni odnosi primenjenih elemenata, rešavaju tipski konstruktivni detalji i utvrđuje tipski raspored komunalnih instalacija.

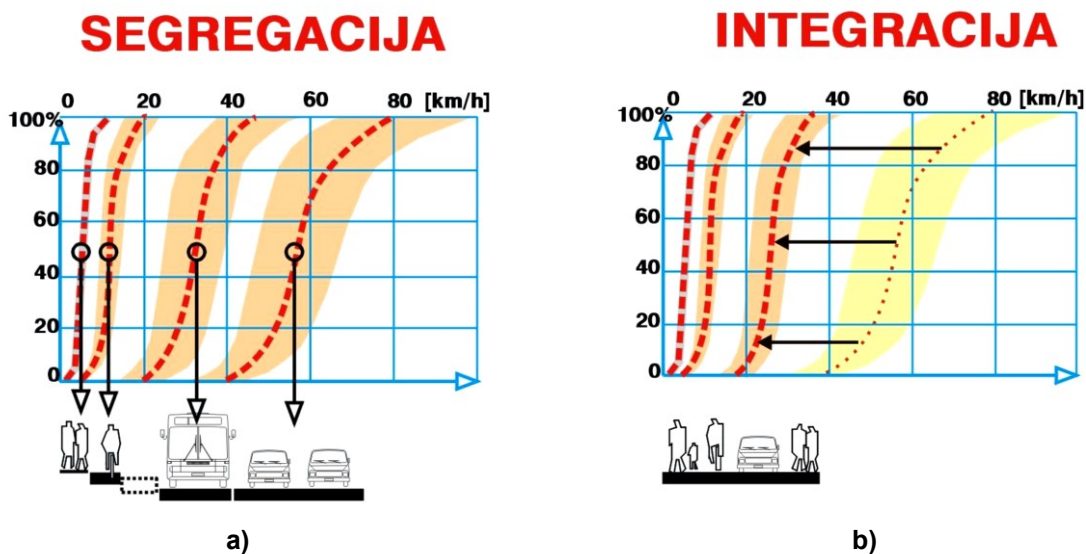
Normalni poprečni profil treba da sadrži sledeće podatke (L2):

- Širine pojedinih elemenata putnog profila i ukupnu širinu kolovoznog profila
- Relativne nivelacione odnose primenjenih elemenata
- Nagibe i uslove oblikovanja ivičnih i srednjih razdelnih traka
- Nagibe i uslove oblikovanja kosina
- Granice angažovanja zemljišta, regulacione i građevinske linije
- Konstruktivna rešenja donjeg i gornjeg stroja sa detaljima oivičenja

- Sistem odvodnjavanja sa potrebnim detaljima
- Vrstu i položaj svih komunalnih vodova
- Vrstu i položaj elemenata saobraćajno – tehničke opreme
- Vrstu i položaj svih elemenata prateće opreme (stubovi za osvetljenje, visoko zelenilo,...)
- Vrstu i položaj svih elemenata tehničkih mera zaštite od buke

#### 4.1 Segregacija i integracija u poprečnom profilu

Segregacija ili integracija različitih učesnika u saobraćaju je jedna od ključnih odluka pri projektovanju poprečnog profila saobraćajnice. Zbog izrazito različitih brzina kojima se različiti vidovi saobraćaja kreću, a radi održavanja zahtevane bezbednosti, mora se detaljno razmotriti potreba za njihovom segregacijom. Primarne putne mreže imaju veliku disperziju brzina pa se svakom vidu saobraćaja mora dati poseban prostor (slika 3a). Suprotno tome, kod sekundarne putne mreže, primenjujemo takve elemente koji će veštački smanjiti brzine, najviše putničkim automobilima, čime se neće ugroziti bezbednost pešaka. Dakle kod sekundarne putne mreže vršimo integraciju različitih vidova saobraćaja (slika 3b).

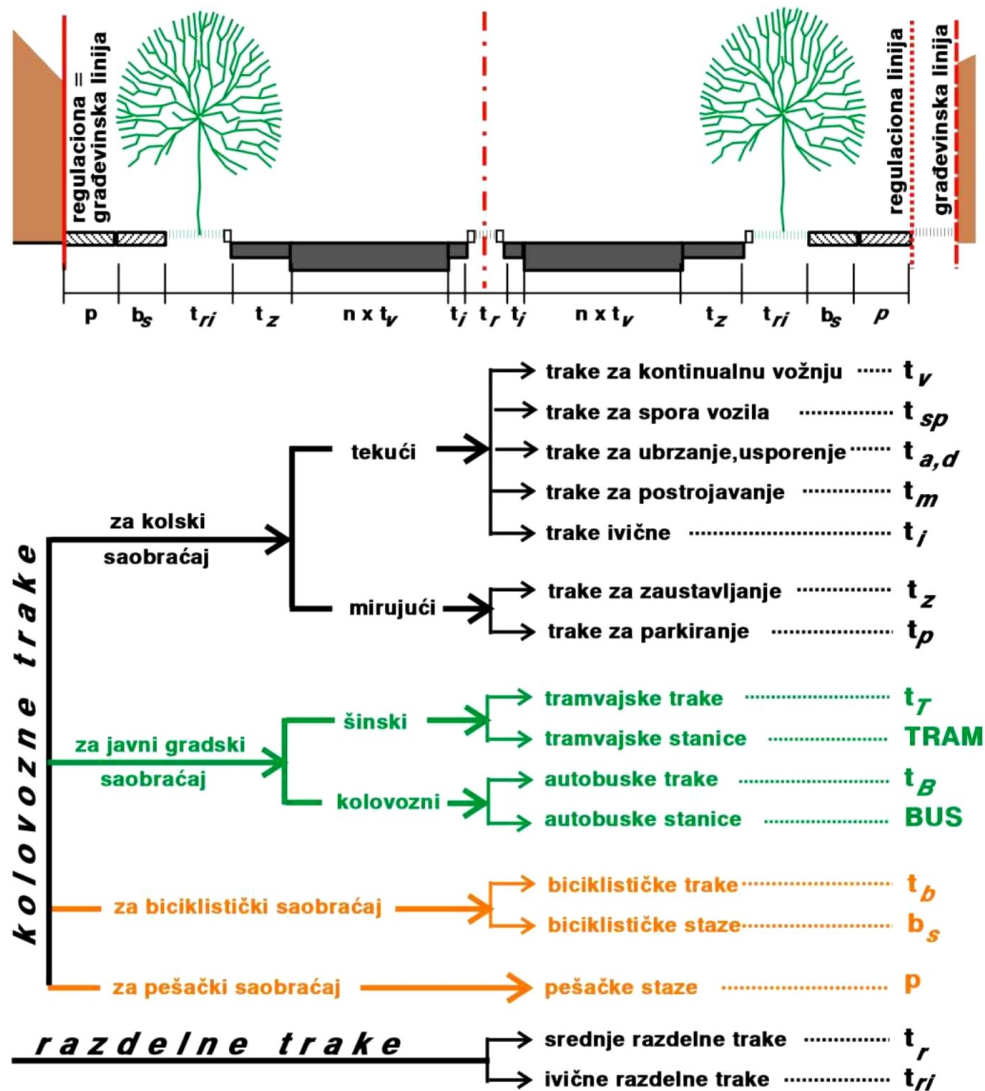


Slika 3. Princip segregacije i integracije različitih vidova saobraćaja  
Izvor: (L2)

#### 4.2 Elementi poprečnog profila

Na početku ovog poglavlja nije suviše podsetiti na definicije saobraćajnog i slobodnog profila. *Saobraćajni profil* je jedinstveni prostor u kome se naći fizičke konture vozila u kretanju imajući u vidu mogućnost odstupanja od trajektorije vozila kao i dinamičke oscilacije vozila u kretanju. Slobodni profil je saobraćajni profil uvećan po širini i visini zbog moguće promene gabarita vozila, promene stanja kolovoza, obezbeđenja zaštite drugih korisnika i/ili sadržaja u profilu, itd. Slobodni profil mora biti oslobođen svih fizičkih prepreka, kontinualnih i pojedinačnih, osim elemenata saobraćajne opreme i dela vertikalne signalizacije (L9). Podvučeni deo ove definicije se nažalost vrlo često zaboravlja, pa se tako osim saobraćajne signalizacije, u slobodnom profilu nalaze i mnogi drugi elementi ili delovi objekata, što će kasnije biti prikazano.

Na slici 4 su prikazani svi funkcionalni elementi koje jedan poprečni profil može da sadrži. U nastavku rada biće dat kratak pregled elemenata karakterističnih za gradske saobraćajnice sa preporučenim širinama. Preporučene širine u ovom poglavlju su preuzete pre svega iz nemačkih propisa za projektovanje.



Slika 4. Karakteristični elementi poprečnog profila primarne gradske putne mreže  
Izvor: (L2)

Trake za kontinualnu vožnju – služe za kretanje motornih vozila. Širina traka za kontinualnu vožnju određuje se u funkciji računске brzine (tabela 2).

Tabela 2. Preporučena širina traka za kontinualnu vožnju

Vr	>100	80<Vr≤100	60<Vr≤80	40<Vr≤60	Vr≤40
Širina tv (m)	3,75	3,50	3,25	3,00	2,75

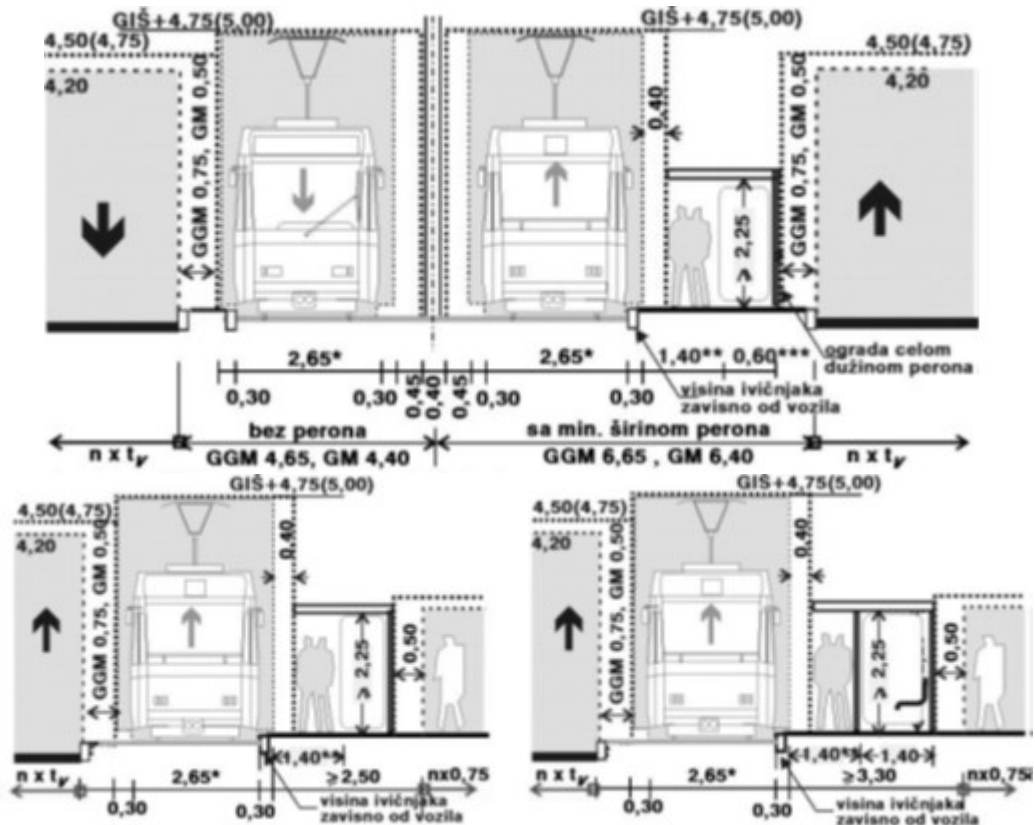
Izvor: (L3)

Ukoliko je veliki obim javnog gradskog prevoza ( $\geq 20$ voz/čas/smer) onda širina trake za kontinualnu vožnju treba da bude 3,50m. Treba se striktno držati ovde preporučenih dimenzija, jer je iskustvo pokazalo da bez obzira na znakovno ograničenje brzine vozači neće usporiti kretanje ukoliko im geometrija puta omogućava slobodniju vožnju. U SAD-u su primarne gradske saobraćajnice najčešće projektovane sa voznim trakama širine 12ft (3,65m), da bi se skorijim rekonstrukcijama ta širina smanjivala na preporučenih 10ft (3,00m), odnosno min11ft (3,35m) za trake predviđene za kretanje autobusa (L4), što takođe ide u prilog tvrdnji o smanjivanju brzina u užim gradskim jezgrima.

Trake za prestrojavanje – Koriste se kod kanalisanja površinskih raskrsnica i normalna širina im je 3,00m

Trake za parkiranje – Koriste se za podužno parkiranje kod sabirnih i pristupnih ulica i normalna širina im je 2,00m.

Trake za šinski prevoz sa stajalištem – Potrebna širina za šinski prevoz sa stajalištem ukoliko se nalazi u srednjoj razdelnoj traci i ukoliko se nalazi uz desnu ivicu kolovoza prikazana je na slici 5.



Slika 5. Slobodni profil traka za šinski prevoz sa stajalištem  
Izvor: (L3)

U skorijim rekonstrukcijama izuzetno važnih saobraćajnica u Beogradu, po svaku cenu se tramvaj prebacuje u srednju razdelnu traku. Nažalost to prouzrokuje situaciju kao na slici 6. Peron je širine od svega 1,60m i to ne na celoj dužini već se na njemu nalaze i kante za otpatke koje dodatno smanjuju širinu. Ako se sada pogleda slika 5, jasno je da je apsolutni minimum 2,30m. U SAD-u se u izuzetnim slučajevima dozvoljava širina od 6ft (1,80m), dok je preporučena širina 8-10ft (2,40-3,00m).



Slika 6. Tramvajsko stajalište, Ulica vojvode Stepe (rekonstruisana 2015.)

Ovakva situacija ne samo da izrazito negativno utiče na bezbednost, već merenje vremena potrebnog za ulazak i izlazak putnika u vozilo javnog gradskog prevoza pokazuje da se vreme putovanja tramvaja kroz rekonstruisanu saobraćajnicu produžilo u odnosu na stanje pre rekonstrukcije. Problemi se javljaju ne samo na stajalištima već i u delu površinskih raskrsnica kod kojih su dozvoljena leva skretanja. Dovoljan je jedan automobil koji skreće levo da zaustavi ceo tramvajski saobraćaj (slika 7).



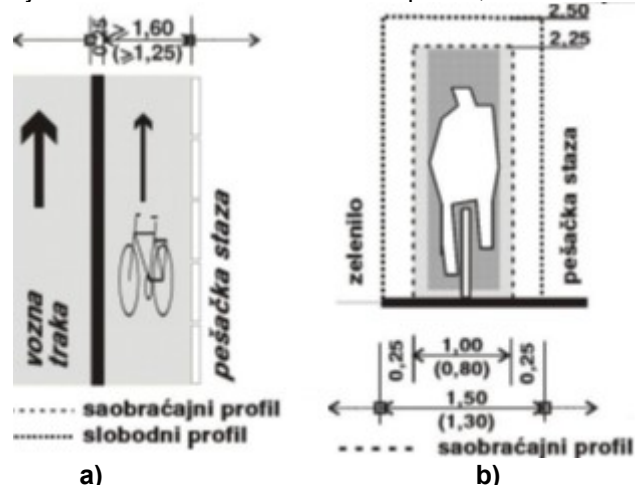
**Slika 7.** Skretanje levo iz trake namenjene tramvajskom saobraćaju, Ulica vojvode Stepe (rekonstruisana 2015.)

Na osnovu svega ovoga proizilazi da tramvajski saobraćaj treba projektovati u srednjoj razdelnoj traci samo ukoliko su ispunjeni svi uslovi u pogledu slobodnog profila prikazani u ovom radu, u suprotnom bolje da ostane uz desnu ivicu kolovoza.

*Trake za autobuse* – Kod autobusa je slična situacija kao kod tramvaja. Ukoliko postoji veliki obim autobusnog saobraćaja (>50voz/čas/smeru) treba razmotriti posebnu traku za autobuski saobraćaj.

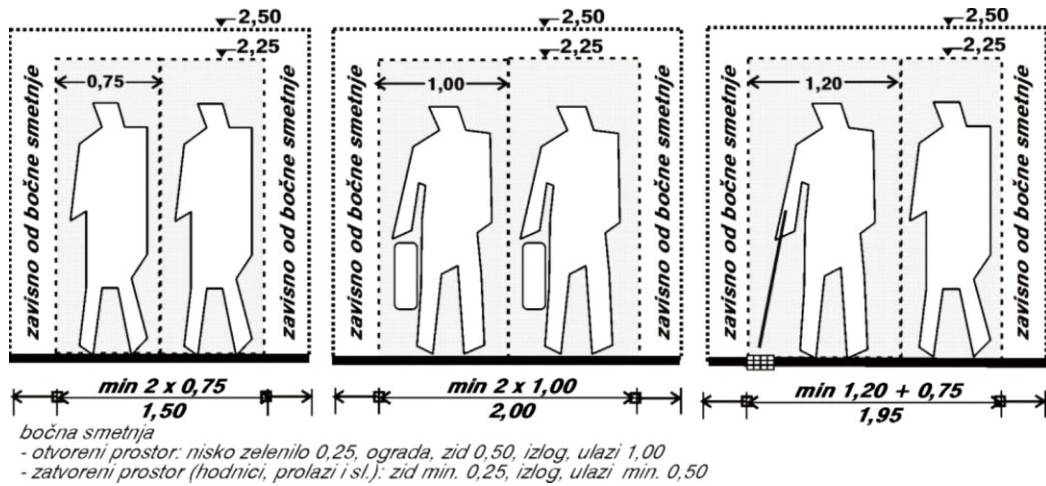
*Biciklističke trake* – projektuju se uz desnu ivicu kolovoza i normalna širina im je 1,25m (slika 8a).

*Biciklističke staze* – projektuju se kao samostalni biciklistički putevi, minimalna širina 1,00m (slika 8b).



**Slika 8.** a) Biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, b) Biciklističke staze kao samostalni biciklistički putevi  
Izvor: (L3)

*Pešačke staze* – površine za kretanje pešaka. Moraju biti dovoljne za mimoilazak dva pešačka modula (slika9).



Slika 9. Slobodni profil pešačkih staza  
 Izvor: (L3)

Kao što se na slici 9 vidi, u našim uslovima bi to iznosilo 1,50m. Čak ni ovaj apsolutni minimum u velikom broju slučajeva nije zadovoljen.

Potrebne širine za kretanje pešaka bi trebalo određivati na osnovu više faktora. U Nemačkoj, širina pešačkih staza zavisi od ivične gradnje, saobraćajnog opterećenja, javnog gradskog prevoza i dr. pa se propisuju sledeće širine (L5):

- Stanovanje niske gustine, bez ivične gradnje, <2000voz/dan *minimalna širina pešačke staze 2,30m*
- Ivična gradnja max 3 sprata, bez prizemnih sadržaja, <5000voz/dan, *minimalna širina staze 2,50m*
- Ivična izgradnja 3-5 spratova, sadržaji u prizemlju, <5000voz/dan, *minimalna širina staze 3,00m*
- Ivična izgradnja 3-5 spratova, sadržaji u prizemlju, >5000voz/dan, *minimalna širina staze 3,50m*
- Ivična izgradnja, sadržaji u prizemlju, linije javnog gradskog prevoza, *minimalna širina staze 5,00m*

Dakle, kao što se može primetiti, u Nemačkoj se ni u kom slučaju ne koristi širina staza od 1,50m kao što je kod nas slučaj da bi se navodno mimoišla dva pešačka modula. Razloga je više. Pre svega zavisi od ivičnih sadržaja uz pešačku stazu, odnosno bočnih smetnji, pa tako širinu modula od 0,75 treba uvećati za 0,25m ukoliko je bočno nisko zelenilo, 0,50m ukoliko je bočno ograda ili zid i 1,00m ukoliko je bočno izlog. Ne sme se zaboraviti ni na starije osobe koje koriste pomagala, slabovide, i osobe sa invaliditetom koje koriste kolica. Ove probleme naročito treba imati na umu pri projektovanju saobraćajnica u okolini bolnica.

Dakle, pri projektovanju pešačke staze, koja sa jedne strane ima ivičnu gradnju (izloge), a sa druge strane koso parkiranja, potrebna širina za mimoilazak dva pešačka modula nije 1,50m već čak 3,20m. U SAD-u se dozvoljava primena širine pešačke staze od 5-7ft (1,50m-2,40m) isključivo u stambenim zonama gde nema nikakvih ivičnih sadržaja, u suprotnom minimalna širina je 8-12ft (2,40-3,60m) (L4).

Prema svemu do sada rečenom treba ozbiljno razmotriti da li je uopšte prihvatljivo primenjivati minimalnu širinu pešačke staze od 1,50m. Širina od 1,50m može se primeniti eventualno na mostovima, ali u tom slučaju ne govorimo o pešačkoj već o radnoj stazi koju bi koristili radnici na održavanju.

Kod nas se čak i pri skorijim rekonstrukcijama ne poštuju ni apsolutni minimumi za pešačke staze, što je ilustrovano na slici 10. Ovakve situacije su nedopustive, nema ni minimum slobodnog profila.



Slika 10. Nedovoljna širina pešačkih staza, Ulica vojvode Stepe (rekonstruisana 2015.)



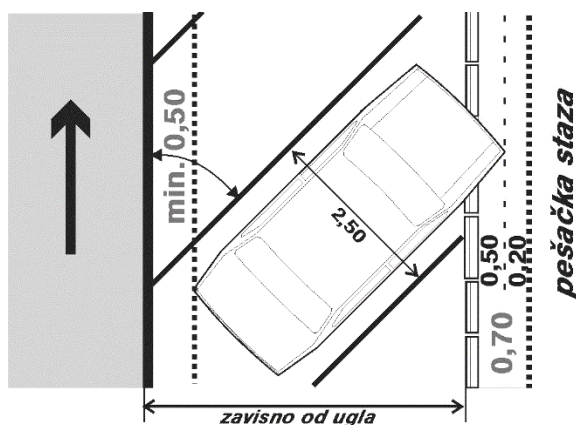
*Ivične razdelne trake* – Mogu se koristiti za koso parkiranje, visoko i nisko zelenilo. Potrebna širina za sadnju visokog zelenila iznosi 4,00m, dok za sadnju niskog zelenila iznosi 2,00m. Pri dimenzionisanju površinskih parkirališta u okviru gradskih saobraćajnica treba imati na umu sledeće. Površina standardnog parking modula je 2,50x5,00m, međutim zavisno od ugla parkiranja njegova dubina se može smanjiti (tabela 3).

**Tabela 3.** *Dubina parking mesta zavisno od ugla parkiranja*

Ugao parkiranja	Dubina parking modula (m)
45°	4,35
60°	4,81
75°	4,86
90°	4,50

Izvor: (L3)

Ovde se može primetiti da dubina parking mesta pri upravnom parkiranju iznosi 4,50m. To je iz razloga što svaki vozač parkira tako da mu točak dođe do ivičnjaka i prednji deo vozila pređe na pešačku stazu, pri čemu onda iza ostane prazan neiskorišćen prostor. Bitno je da visina ivičnjaka bude standardnih dimenzija (12cm), jer u slučaju višeg ivičnjaka, što se kod nas neretko dešava, vozilo ne može da priđe točkom. Ovde ne treba zaboraviti da se tih 0,50m za koje je vozilo prešlo na pešačku stazu ne može računati u širinu same pešačke staze (slika 11).



**Slika 11.** *Dimenzije parking mesta u zoni saobraćajnice*

Izvor: (L3)

Dakle, uz dodatak rezerve za slobodni profil, širina pešačke staze se meri tek 0,70m od ivičnjaka.

*Srednje razdelne trake* – Potrebna širina im je minimalno 4,50m (5,00m). Ta širina je dobijena kao zbir širine manipulativne trake za koju se otvara srednje razdelno ostrvo (3,00m) i širine dva pešačka modula (1,50m). Ukoliko su velike koncentracije pešaka, biciklista ili osoba sa invaliditetom širina ne bi trebala da bude ispod 5,00m jer se u raskrsnicama pored manipulativne trake mora ostaviti širina od 2,00m.

Na osnovu definicija datih na početku ovog poglavlja kod gradskih magistrala i sabirnih ulica slobodni profil mora biti minimum 50cm širi sa obe strane u odnosu na saobraćajni profil i tu se ne smeju naći nikakve prepreke.

#### 4.3 Primeri rekonstrukcija gradskih saobraćajnica u SAD-u

Na slici 12 dat je predlog iz SAD-a o preporučenom iskorišćenju površina u poprečnom profilu, tačnije ono čemu treba težiti u budućim rekonstrukcijama, dok je na slici 13 dat primer jedne uspešne rekonstrukcije (1<sup>st</sup> Avenue New York). Uočljivo je da se nakon rekonstrukcije znatno veća površina ostavlja za kretanje pešaka, pored toga povećana im je bezbednost, javni gradski prevoz dobija posebnu saobraćajnu traku, kao i biciklisti, čime se u potpunosti zadovoljavaju prioritetni učesnici u saobraćaju.



**Slika 12.** Predlog za rekonstrukciju gradske saobraćajnice, SAD  
Izvor: (L4)



a)



b)

**Slika 13.** a) stanje pre b) stanje posle rekonstrukcije 1<sup>st</sup> Avenue New York, SAD  
Izvor: (L6)

### 3. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da pristup u novoprojektovanju ili rekonstrukciji saobraćajnica u gradovima treba da bude sledeći:

- 1) Mora se zadovoljiti potreba pešaka i biciklista
- 2) Zadovolje se potrebe javnog gradskog prevoza
- 3) Zadovolje se potrebe automobila

Poželjan odnos širine kolovoza sa jedne i širine za pešake, bicikliste, zelenilo sa druge strane prikazan je na slici 14.



Slika 14. Poželjan odnos širina namene površina  
Izvor: (L1)

Ukoliko se sve podredi kretanju automobila problem saobraćaja u gradu će postati nerešiv, jer se time stanovnici stimulišu na još izraženije korišćenje sopstvenog automobila i onda dolazi do potpunog zagušenja saobraćaja. Ova tvrdnja proizilazi iz činjenice da je potrebna površina za prevoz 1000 putnika putničim automobilima čak 75 000m<sup>2</sup>, autobusom 7 000m<sup>2</sup>, metroom svega 500m<sup>2</sup> (L2). Prema tome, gradovi sa velikim brojem stanovnika moraju imati pre svega kvalitetan javni gradski prevoz, koji će biti u stanju da opsluži najveći broj korisnika.

Samo ovakav pristup projektovanju uz kvalitetan sistem javnog gradskog prevoza može dovesti do smanjenja saobraćajnih gužvi, obezbediti komfor svim učesnicima u saobraćaju, samim tim imati veliki pozitivan uticaj na životnu sredinu. Projektanti ne smeju dozvoliti da pod uticajem različitih investitora izazovu smanjenje bezbednosti i nivoa usluge saobraćajnog poteza.

### Literatura

- [1] Maletin M., *Stručni seminar: Metodologija planiranja i projektovanja saobraćajnica u gradovima*, Beograd, januar 2016.
- [2] Maletin M. 2009. *Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima*. Orion Art Beograd 2009.
- [3] Maletin M., *Stručni seminar: Planiranje i projektovanje gradske putne mreže i primarnih gradskih saobraćajnica*, Beograd, januar 2016.
- [4] Urban street design guide - National Association of City Transportation Officials 2013.
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: *Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen*. FGSV, Köln, 2002
- [6] <https://www.google.com/maps> 01.07.2019.
- [7] Maletin M. 2004. *Planiranje prostora i saobraćaja*. Građevinski fakultet Beograd 2004.
- [8] EUROPEAN COMMISSION Directorate-General for the Environment, *Reclaiming city streets for people. Chaos or quality of life?*, 2004.
- [9] Katanić J., Anđus V., Maletin M. 1983. *Projektovanje puteva*. IRO „GRAĐEVISNKA KNJIGA” Beograd 1983.

## EKSTERNI TROŠKOVI SAOBRAĆAJA ZNAČAJNI SA ASPEKTA UTICAJA PUTA NA ŽIVOTNU SREDINU - DP IB 21 NOVI SAD – RUMA

**dr Marijo Vidas, dis<sup>1</sup>**

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, [m.vidas@sf.bg.ac.rs](mailto:m.vidas@sf.bg.ac.rs)

**dr Vladan Tubić, dis**

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, [vladan@sf.bg.ac.rs](mailto:vladan@sf.bg.ac.rs)

**dr Draženko Glavić, dis**

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, [drazen@sf.bg.ac.rs](mailto:drazen@sf.bg.ac.rs)

**Rezime:** U procedurama vrednovanja u saobraćaju proračun eksternih troškova predstavlja jedan od koraka u utvrđivanju ekonomske opravdanosti ulaganja novčanih sredstava u realizaciju saobraćajnog projekta. U prvom delu rada analiziran je priručnik za procenu eksternih troškova na nivou cele Evropske Unije (Update of the handbook on External Costs of Transport) sa fokusom na vrednosti i postupke proračuna troškova zagađenja vazduha, troškova prouzrokovanih bukom i troškova klimatskih promena. Za proračun troškova koristi se veličina transportnog rada na saobraćajnoj deonici i jedinični troškovi koji su u ovom priručniku prikazani za svaku kategoriju vozila po kubikaži (za putničke automobile), nosivosti (za teretna vozila i autobuse) i vrsti pogonskog goriva za svaki tip vangradskog puta (dvostručan, višetručni i autoput). U drugom delu rada prikazana je praktična primena navedenih procedura na realnom primeru analize državnog puta IB 21 od Novog Sada do Rume.

**Ključne reči:** eksterni troškovi, zagađenje vazduha, buka, klimatske promene

## EXTERNAL COSTS OF TRANSPORT SIGNIFICANT FROM THE ASPECT OF THE EFFECT OF THE ROAD ON ENVIRONMENT - DP IB 21 NOVI SAD – RUMA

**dr Marijo Vidas,**

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic engineering

**dr Vladan Tubić,**

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic engineering

**dr Draženko Glavić,**

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic engineering

**Abstract:** In the evaluation procedures in transport, the external cost calculation represents one of the steps in determining the economic feasibility of investing funds in the realization of a traffic project. The first part of the paper analyzes the Update of the handbook on External Costs of Transport with a focus on values and procedures for calculating air pollution costs, noise costs, and climate change costs. For the calculation of costs, the size of the transport work on the given traffic section and the unit costs shown in this manual for each category of vehicles by cubic (for passenger cars), carrying capacity (for commercial vehicles and buses) and the type of propellant for each type of road (two-way, multilane and highway). The second part of the paper presents the practical application of the above procedures in the real case of the analysis of the state road IB 21 from Novi Sad to Ruma.

**Keywords:** external costs, air pollution, noise, climate change

---

<sup>1</sup> m.vidas@sf.bg.ac.rs

## 1. UVOD

Saobraćaj značajno doprinosi ekonomskom rastu i globalizaciji tržišta, ali pored ovih pozitivnih uticaja na društvo saobraćaj generiše i značajan broj negativnih uticaja. Na primer povećanje u broju drumskih vozila utiče na pojavu zagušenja i većeg zagađenja vazduha. Takvi efekti izazivaju dodatne troškove koji se mogu izraziti kroz novčane tokove: troškovi usled vremenskih gubitaka, troškovi narušavanja zdravlja zbog zagađenja vazduha, gubici u produktivnosti usled gubitaka ljudskih života u saobraćajnim nezgodama, itd.

Kada sporedni efekti neke aktivnosti uzrokuju dodatne troškove društvu, u ekonomiji se takvi troškovi nazivaju **eksterni troškovi**. Eksterne troškove prouzrokovane saobraćajem u većini slučajeva ne snose korisnici i iz tog razloga se najčešće ne uzimaju u obzir kod planiranja putovanja. Jedan od zadataka saobraćajnih inženjera je i uključivanje ovih troškova u sam proces donošenja odluka vezanih za planiranje putovanja i transporta. To može da se ostvari direktno kroz regulativu tj. kroz upravljačke mere ili indirektno kroz odgovarajuće podsticaje samim korisnicima najčešće preko tržišnih instrumenata (takse, obaveze, itd.). Kombinacija ovih osnovnih tipova je moguća uvođenjem različitih taksi i obaveza u zavisnosti od emisionih klasa motora (EURO standard). Ovo predstavlja efikasan način za ograničavanje negativnih uticaja saobraćaja, ali zahteva detaljnu i pouzdanu procenu eksternih troškova, što predstavlja glavni zadatak Unapređenog priručnika za proračun eksternih troškova (Update of the handbook on External Costs of Transport, 2014) izdatog od strane European Commission – DG Mobility and Transport.

Kao što je navedeno, sami korisnici kod donošenja odluke o putovanju su orijentisani ka koristima koje ostvaruju korišćenjem nekog novog putnog pravca, dok pomenute eksterne troškove ne sagledavaju. Za razliku od njih, u okviru prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti, proračun eksternih troškova predstavlja jedan od osnovnih koraka u procesu donošenja ocene o ekonomskoj opravdanosti projekta. U ovom radu fokus će biti na procedurama za proračun troškova zagađenja vazduha, troškova prouzrokovanih bukom i troškova klimatskih promena koje su preporučene za upotrebu na nivou cele Evropske Unije. U prvom delu rada biće prikazan izvod iz Unapređenog priručnika za proračun eksternih troškova (Update of the handbook on External Costs of Transport, 2014) sa preporučenim jediničnim troškovima, dok je u drugom delu rada dat prikaz praktične primene predstavljenih procedura na realnom primeru analize državnog puta IB 21 od Novog Sada do Rume.

## 2. PRIRUČNIK ZA PRORAČUN EKSTERNIH TROŠKOVA

Prvo izdanje Priručnika za procenu eksternih troškova iz 2008 godine [1] predstavlja rezultate Studije Uticaja koja je prikazala najbolje procedure za proračun različitih kategorija troškova. U njemu su obuhvaćeni svi troškovi uticaja na životnu sredinu, troškovi saobraćajnih nezgoda i troškovi zagušenja za sve vidove saobraćaja. Kako se ovo izdanje priručnika pokazalo kao značajan izvor ulaznih podataka i jediničnih vrednosti za različite istraživačke projekte i akademske radove u Evropi, a u cilju očuvanja njegove značajnosti, 2014. godine predstavljen je Unapređeni priručnik za proračun eksternih troškova (Update of the handbook on External Costs of Transport). U njemu su prikazane procedure i vrednosti po različitim uticajnim kategorijama, i to [2]:

- (1) Zagušenje,
- (2) Saobraćajne nezgode,
- (3) Buka,
- (4) Zagađenje vazduha,
- (5) Promena klime,
- (6) Ostali uticaji na okruženje,
- (7) Održavanje putne i železničke infrastrukture.

Prikazani podaci i vrednosti jediničnih troškova su definisani na nivou Evropske Unije (pojedinačno za zemlje članice i prosek za celu EU). Kao najveći izvor eksternih troškova identifikovan je drumski saobraćaj i u skladu sa tim posvećeno mu je najviše pažnje.

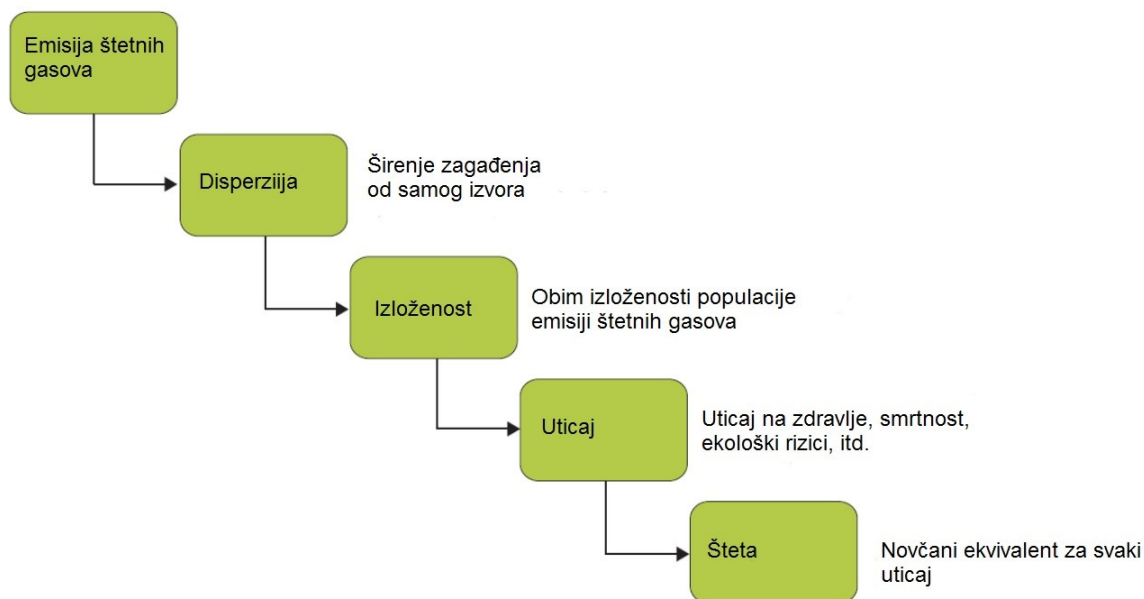
Za svaku kategoriju troškova Unapređeni Priručnik prikazuje [2]:

- Pregled najnovijih metoda za proračun eksternih troškova, njihove proseke i ograničenja;
- Razlike u pristupima između Unapređenog Priručnika (2014) i originalnog Priručnika (2008);
- Preporučeni postupak za proračun eksternih troškova;
- Unapređene preporuke vezane za ulazne veličine i
- Unapređene preporuke za jedinične vrednosti eksternih troškova.

Svako poglavlje o individualnim kategorijama troškova je strukturirano na sličan način; kao prvo dat je prikaz metodologije za proračun troškova, zatim unapređeni kritični parametri koji se koriste u proračunu i na kraju vrednosti jediničnih troškova za drumski i ostale vidove saobraćaja.

## 2.1. Troškovi zagađenja vazduha

Pristup koji se koristi za vrednovanje efekata zagađenja vazduha zasnovan je na utvrđivanju troškova negativnih uticaja preko posledica procenjene emisije štetnih gasova. Na ovaj način kvantifikuju se uticaji emisije štetnih gasova na ljudsko zdravlje, životnu okolinu, ekonomske aktivnosti, itd. Evropska Unija je u poslednjih 20 godina finansirala veliki broj studija koje su imale zadatak da definišu standardizovanu proceduru za analizu uticaja zagađenja vazduha na izloženu populaciju. Kao rezultat predstavljen je sledeći postupak: Impact Pathway Approach (IPA) – Pristup zasnovan na putanjama uticaja. IPA kroz logične korake prati uticaj zagađenja vazduha od emisije štetnih gasova do utvrđivanja njihovih uticaja i kvantifikacije istih. Ključni koraci IPA analize prikazani su na Slici 1.



Slika 1. Pristup zasnovan na putanjama uticaja - IPA [2]

Prvi korak kvantifikuje **emisiju štetnih gasova** kroz faktore emisije za vozila. **Disperzija** zagađenja – širenje zagađenja (štetnih gasova) od izvora je modelovano preko atmosferskih modela koji su vrlo kompleksni i nisu javno dostupni. Uticaji emisije štetnih gasova su specifični i vezani za svaku pojedinačnu lokaciju. Zavise od velikog broja faktora, a najviše od lokalnih saobraćajnih uslova. Iz tog razloga procena **Izloženosti** štetnim gasovima se posmatra na nivou ugrožene populacije i ekosistema. U cilju što preciznije procene potrebni su detaljni podaci o gustini i prostornoj raspodeli ugrožene populacije. **Uticaji** se utvrđuju preko funkcija odgovora na izlaganje koje povezuju promene u ljudskom zdravlju sa promenama u koncentraciji zagađivača – suspendovane čestice (PM) i azotni oksidi (NO<sub>x</sub>). Na kraju se uticaji emisije štetnih gasova na ljude i ekosistem – **Šteta**, vrednuje i izražava preko novčanih jedinica, a to se najčešće radi preko spremnosti na plaćanje u cilju smanjenja zdravstvenih rizika.

Priručnik za procenu eksternih troškova iz 2008 godine daje procenu troškova u eurima po toni za svaki od štetnih gasova kojima je negativan uticaj na zdravlje izražen. Ove vrednosti su zasnovane na rezultatima različitih studija; za suspendovane čestice (PM) izvor je HEATCO studija, dok je za sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>), azotne okside (NO<sub>x</sub>) i nemetanska lakoisparljiva organska jedinjenja (NMVOC) izvor CAFE CBA studija. U Unapređenom priručniku za proračun eksternih troškova koriste se rezultati NEEDS projekta. U Tabeli 1. prikazane su vrednosti za svaku državu članicu Evropske Unije i prosečne vrednosti na nivou cele EU.

**Tabela 1. Troškovi emisije štetnih gasova u EUR po toni (2010) [2]**

Zemlja	PM <sub>2.5</sub>			NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
	Rural	Suburban	Urban			
Austria	37766	67839	215079	17285	2025	12659
Belgium	34788	60407	207647	10927	3228	13622
Bulgaria	34862	65635	212875	14454	756	12598
Croatia	31649	61539	208779	15149	1819	12317
Cyprus	25040	51200	198440	6465	1122	12594
Czech Republic	43028	68427	215667	15788	1648	14112
Germany	48583	73221	220461	17039	1858	14516
Denmark	13275	40760	188000	6703	1531	7286
Estonia	15359	49948	197188	5221	1115	8441
Spain	14429	48012	195252	4964	1135	7052
Finland	8292	43997	191237	3328	781	4507
France	33303	64555	211795	13052	1695	12312
Greece	19329	50605	197845	3851	854	8210
Hungary	47205	74641	221881	19580	1569	14348
Ireland	16512	47420	194660	5688	1398	6959
Italy	24562	50121	197361	10824	1242	9875
Lithuania	23068	55535	202775	10790	1511	10945
Luxembourg	45688	71308	218548	18612	3506	15103
Latvia	19528	53638	200878	8109	1499	10000
Malta	NA	NA	98132	1983	1007	6420
Netherlands	29456	48352	195592	11574	2755	16738
Poland	47491	74215	221455	13434	1678	14435
Portugal	18371	49095	196335	1957	1048	4950
Romania	56405	84380	231620	22893	1796	17524
Sweden	14578	50210	197450	5247	974	5389
Slovenia	39633	67670	214910	16067	1975	12422
Slovakia	54030	79270	226510	21491	1709	17134
United Kingdom	14026	47511	194751	6576	1780	9192
<b>EU average</b>	<b>28108</b>	<b>70258</b>	<b>270178</b>	<b>10640</b>	<b>1566</b>	<b>10241</b>

Za proračun eksternih troškova drumskog saobraćaja date su tabele sa jediničnim cenama po kategorijama vozila, pogonskom gorivu i EURO standardu motora. Zbog ograničenog obima rada kao primer date su jedinične cene emisije štetnih gasova za laka teretna vozila (LTV) u Tabeli 2.

**Tabela 2. Jedinične cene emisije štetnih gasova za LTV, prosek za EU [2]**

Vozilo	EURO klasa	Urban (€/vozk)	Suburban (€/vozk)	Rural (€/vozk)	Autoput (€/vozk)
LTV benzin	Euro 1	1.3	0.9	0.5	0.5
	Euro 2	0.8	0.5	0.2	0.2
	Euro 3	0.7	0.4	0.2	0.1
	Euro 4	0.6	0.3	0.1	0.1
	Euro 5	0.6	0.2	0.1	0.1
	Euro 6	0.6	0.2	0.1	0.1
LTV dizel	Euro 1	5.3	2.4	1.4	1.3
	Euro 2	5.9	2.5	1.4	1.3
	Euro 3	4.6	2.0	1.1	1.1
	Euro 4	3.2	1.5	0.9	0.8
	Euro 5	1.4	0.8	0.6	0.6
	Euro 6	1.1	0.5	0.3	0.3

## 2.2. Troškovi prouzrokovani bukom

Zagađenje bukom izazvano saobraćajem predstavlja problem čiji značaj sa povećanjem urbanizacije i motorizacije sve više raste. Izloženost buci ne predstavlja samo neprijatnost, već ima uticaj i na zdravlje i na produktivnost.

Prilikom analize uticaja buke najčešće se posmatraju dva aspekta [2]:

- *Iritacija*, koja odražava poremećaj koji pojedinci doživljavaju kada su izloženi buci od saobraćaja,
- *Uticaj na zdravlje*, povezan za dugoročnom izloženošću buci.

Metodologija za procenu troškova prouzrokovanih bukom je najbližnja IPA metodologiji za zagađenje vazduha. U Tabeli 3. prikazani su koraci IPA analize za buku.

**Tabela 3. IPA analiza za zagađenja bukom [2]**

Koraci	Opis
<b>Emisija buke</b>	Promenljivi nivoi buke mere se u zavisnosti od vremenskog perioda, lokacije i izvora buke
<b>Disperzija buke</b>	Nivoi izloženosti buci se procenjuju na osnovu geografskih lokacija
<b>Funkcije odgovora na izlaganje</b>	Predstavljaju vezu između nivoa buke (dB) i negativnih efekata buke
<b>Ekonomsko vrednovanje</b>	Ekonomska cena se dodeljuje svakom uticaju buke na osnovu funkcija odgovora na izlaganje
<b>Sveukupna procena</b>	Ekonomska cena se množi sa svakim odgovarajućim uticajem

U Tabeli 4. prikazane su jedinične cene buke za autoputeve u Nemačkoj.

**Tabela 4. Jedinične cene buke na AP u Nemačkoj [2]**

Tip vozila	Jedinična cena (€ct/vozk)
PA	0.15
Motor	0.61
LTV	0.18
BUS	0.48
TV < 16t	0.44
TV > 16t	0.61

### 2.3. Troškovi klimatskih promena

Klimatske promene kao posledica emisije gasova staklene bašte (GHG) predstavljaju predmet velikog broja istraživanja. Klimatski modeli i povezani modeli za procenu ekonomskih uticaja konstantno se unapređuju.

Procena jediničnih cena klimatskih promena za različite vidove saobraćaja se takođe dobija primenom IPA analize. U ovom slučaju ona se sastoji od sledećih koraka [2]:

1. Kvantifikacija GHG faktora emisije za različita vozila izražena u tonama CO<sub>2</sub> po vozilo kilometru,
2. Vrednovanje troškova klimatskih promena,
3. Proračun jediničnih cena za različite tipove vozila i pogonskog goriva.

Jedinični troškovi klimatskih promena za različite tipove vozila se dobijaju na osnovu emisionih faktora (CO<sub>2</sub> ekvivalenti) dobijenih iz baze podataka TREMOVE. Zbog ograničenog obima rada, kao primer, u Tabeli 5 date su jedinične cene klimatskih promena za laka teretna vozila (LTV).

**Tabela 5. Jedinične cene klimatskih promena za LTV, prosek za EU [2]**

Vozilo	EURO klasa	Urban (€ct/vozk)	Rural (€ct/vozk)	Autoput (€ct/vozk)	Prosečno (€ct/vozk)
LTV benzin	Euro 0	4.0	2.5	2.8	2.7
	Euro 1	3.6	2.3	2.5	2.5
	Euro 2	3.7	2.2	2.4	2.5
	Euro 3	3.7	2.2	2.4	2.5
	Euro 4	3.4	2.1	2.3	2.3
	Euro 5	3.4	2.1	2.3	2.3
LTV dizel	Euro 0	2.9	2.1	2.9	2.4
	Euro 1	2.8	1.8	2.6	2.2
	Euro 2	2.8	1.8	2.6	2.2
	Euro 3	2.8	1.8	2.5	2.1
	Euro 4	2.8	1.7	2.4	2.1
	Euro 5	2.8	1.7	2.4	2.1

### 3. PRIMER PRORAČUNA EKSTERNIH TROŠKOVA NA DEONICI DRŽAVNOG PUTA IB 21 NOVI SAD – RUMA

U daljem radu biće prikazana praktična primena navedenih jediničnih cena eksternih troškova saobraćaja na primeru analize postojećeg stanja Državnog puta IB 21 Novi Sad – Ruma. Detaljno je opisana korišćena metodologija za proračun troškova zagađenja vazduha, troškova prouzrokovanih bukom i troškova klimatskih promena, sa usvojenim pretpostavkama.

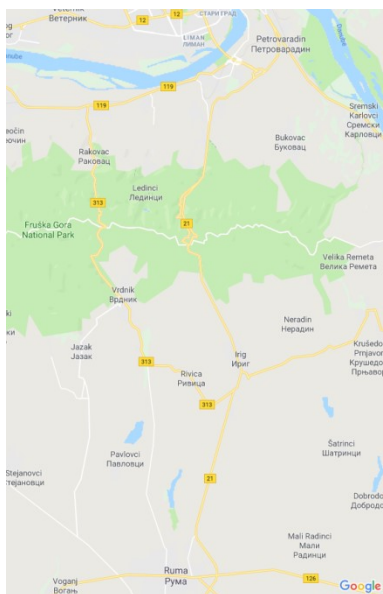


### 3.1. Državni put IB 21 Novi Sad – Ruma

Državni put IB-21, Novi Sad – Ruma udaljen je od Beograda 80 km. Prostire se u planinsko-ravničarskom terenu pravcem preko Fruške gore prema Rumi i severnom delu Republike Srbije. Pripada jednom od značajnijih putnih pravaca u AP Vojvodini, odnosno Republici Srbiji.

Šire posmatrano, predmetni putni pravac povezuje južne delove AP Vojvodine sa severnim delom Republike Srbije, odnosno veoma važne administrativne i regionalne centre, kao što su: Novi Sad, Ruma, Šabac, Valjevo i Požega, gde se spaja sa putem IB-23, što čini najkraću vezu preko Zlatibora sa Crnom Gorom.

Grafički prikaz državnog puta IB-21, Novi Sad – Ruma u okviru osnovne putne mreže Republike Srbije je predstavljen Slikom 2.



Slika 2. Državni put IB 21 Novi Sad - Ruma

### 3.2. Postupak za proračun troškova zagađenja vazduha

Za proračun troškova zagađenja vazduha korišćeni su jedinični troškovi zagađenja vazduha koji su preporučeni za proračun eksternih troškova na nivou cele Evropske Unije (izvor: Update of the handbook on External Costs of Transport). Jedinični troškovi su u ovom priručniku prikazani za svaku kategoriju vozila po kubikaži (za putničke automobile), nosivosti (za teretna vozila i autobuse) i vrsti pogonskog goriva za svaki tip vangradskog puta (dvotračan, višetračni i autoput).

Na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku – Bilten: Saobraćaj i telekomunikacije u Republici Srbiji 2014 [3], u studiji su usvojene sledeće pretpostavke (Tabela 6):

Za putnička vozila: 60% dizel, prosečne kubikaže 2,0 litara i 40% benzin, prosečne kubikaže 1,4 litara.

Tabela 6. Procentualno učešće vrste motora u određenoj kategoriji vozila

Procentualno učešće vrste motora u određenoj kategoriji vozila (€/km)						
PA		LTV	STV	TTV	AV	BUS
Dizel	Benzin			Dizel		
60%	40%			100%		

Obrazac za proračun troškova zagađenja vazduha:

$$T_{zv_{ijk}} = (365 \times q_{ij} \times l_k \times C_{ZV_{ij}}) / 100$$

$T_{ZV_{ijk}}$  - Troškovi zagađenja vazduha za vozilo (i) u godini (j) na deonici (k), (euro/god);

**EKSTERNI TROŠKOVI SAOBRAĆAJA ZNAČAJNI SA ASPEKTA UTICAJA PUTA NA ŽIVOTNU SREDINU - DP IB 21 NOVI SAD – RUMA**

- $q_{ij}$  - Broj vozila (i) u godini (j), (voz/dan);  
 $l_k$  - Dužina deonice (k) (kilometara);  
 $C_{Zvij}$  - Jedinična cena troškova zagađenja za vozilo (i) u godini (j), (eurocenti/vozilo kilometara) (Tabela 7).

**Tabela 7. Jedinične cene zagađenja vazduha [2]**

Jedinične cene zagađenja vazduha (€ct/vozk)							
Kategorija vozila	PA		LTV	STV	TTV	AV	BUS
Tip motora	Dizel	Benzin	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel
DP	0.8	0.1	1.1	5.1	9.4	10.2	7.6
VP, AP	0.9	0.1	1.1	4.6	7.2	8.3	6.4

**3.3. Proračun troškova prouzrokovanih bukom**

Za proračun troškova prouzrokovanih bukom korišćeni su jedinični troškovi prouzrokovani bukom koji su preporučeni za proračun eksternih troškova na nivou cele Evropske Unije (izvor: Update of the Handbook on External Costs of Transport). Jedinični troškovi u ovom priručniku su dati za sve tipove vangradskih puteva u zavisnosti od veličine saobraćajnih zahteva (PGDS-a) na njima.

Obrazac za proračun troškova prouzrokovanih bukom:

$$T_{B_{ijk}} = (365 \times q_{ij} \times l_k \times C_{Bij}) / 100$$

- $T_{B_{ijk}}$  - Troškovi prouzrokovani bukom za vozilo (i) u godini (j) na deonici (k), (euro/god);  
 $q_{ij}$  - Broj vozila (i) u godini (j), (voz/dan);  
 $l_k$  - Dužina deonice (k) (kilometara);  
 $C_{Bij}$  - Jedinična cena troškova prouzrokovanih bukom za vozilo (i) u godini (j), (eurocenti/vozilo kilometara) (Tabela 8).

**Tabela 8. Jedinične cene buke [2]**

		Jedinične cene buke (€ct/vozk)					
		PA	LTV	STV	TTV	AV	BUS
DP	Dense (PGDS > 3000)	0.1	0.4	0.4	0.7	0.7	0.4
	Thin (PGDS < 3000)	0.2	0.8	0.8	1.5	1.5	0.8
VP, AP	Thin	0.15	0.18	0.44	0.61	0.61	0.48

**3.4. Proračun troškova klimatskih promena**

Za proračun troškova klimatskih promena korišćeni su jedinični troškovi klimatskih promena koji su preporučeni za proračun eksternih troškova na nivou cele Evropske Unije (izvor: Update of the Handbook on External Costs of Transport). Jedinični troškovi su u ovom priručniku prikazani za svaku kategoriju vozila po kubikaži (za putničke automobile) i vrsti pogonskog goriva za sve kategorije vozila, za svaki tip vangradskog puta (dvostručan, višetračni i autoput). Na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku – Bilten: Saobraćaj i telekomunikacije u Republici Srbiji 2014 [3], u studiji su usvojene sledeće pretpostavke:

Za putnička vozila: 60% dizel, prosečne kubikaže 2,0 litara i 40% benzin, prosečne kubikaže 1,4 litara.  
 Za teretna vozila i autobuse: 100 % dizel.

Obrazac za proračun troškova klimatskih promena:

$$T_{K_{ijk}} = (365 \times q_{ij} \times l_k \times C_{Kij}) / 100$$

- $T_{K_{ijk}}$  - Troškovi klimatskih promena za vozilo (i) u godini (j) na deonici (k), (euro/god);  
 $q_{ij}$  - Broj vozila (i) u godini (j), (voz/dan);  
 $l_k$  - Dužina deonice (k) (kilometara);  
 $C_{Kij}$  - Jedinična cena troškova klimatskih promena za vozilo (i) u godini (j), (eurocenti/vozilo kilometara) (Tabela 9);

**Tabela 9. Jedinične cene klimatskih promena [2]**

	Jedinične cene klimatskih promena					
	PA	LTV	STV	TTV	AV	BUS
	Dizel/Benzin	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel	Dizel
<b>DP</b>	1.4	2.6	4.3	7.2	9	5.6
<b>VP, AP</b>	1.5	2.8	4.2	6.2	7.5	5.1

### 3.5 Proračun eksternih troškova za Državni put IB 21 Novi Sad – Ruma

**Tabela 10. Troškovi zagađenja vazduha**

Saobraćajne deonice		Dužina (km)	Zagađenje vazduha (eur/god)					
			PA	LTV	STV	TTV	AV	BUS
Novi Sad 3	Petrovaradin 1	2.349	63759.60	584.74	3804.22	7898.23	82730.79	37415.60
Petrovaradin 1	Petrovaradin 2	0.985	26736.15	245.20	1595.21	3311.94	34691.27	15689.38
Petrovaradin 3	Petrovaradin 2	0.892	24211.82	222.05	1444.60	2999.24	31415.87	14208.05
Petrovaradin 3	Petrovaradin 4	0.792	22677.52	197.15	1282.65	2663.00	27893.91	12615.22
Raskrsnica Mišeluk	Petrovaradin 4	2.493	32913.80	630.59	12994.02	8382.41	87802.41	39709.27
Raskrsnica Mišeluk	Sremska Kamenica	3.583	50929.20	704.90	16540.99	9465.82	111918.48	57071.13
Paragovo	Sremska Kamenica	3.737	59175.45	495.13	17251.94	9872.67	116728.82	16648.50
Raskrsnica Partizanski put	Paragovo	4.007	61694.08	514.82	17976.26	10585.97	123670.73	17851.36
Raskrsnica Partizanski put	Irig 1	6.965	104090.89	866.90	22430.05	19834.44	217558.53	31029.38
Irig 1	Irig 2	1.03	14531.07	111.66	2837.67	2615.11	29105.28	4588.70
Ruma 2	Irig 2	9.974	140711.54	1081.23	27478.57	25323.39	281841.00	40173.76
Ruma 2a	Ruma 2	0.753	10623.20	226.75	2537.09	5037.91	20212.65	2435.57
Ruma 3	Ruma 2a	1.606	22657.18	483.61	5411.12	10744.86	43109.59	4998.56

**Tabela 11. Troškovi zagađenja bukom**

Saobraćajne deonice		Dužina (km)	Buka (eur/god)					
			PA	LTV	STV	TTV	AV	BUS
Novi Sad 3	Petrovaradin 1	2.349	12261.46	212.63	298.37	588.17	5677.60	1969.24
Petrovaradin 1	Petrovaradin 2	0.985	5141.57	89.16	125.11	246.63	2380.77	825.76
Petrovaradin 3	Petrovaradin 2	0.892	4656.12	80.74	113.30	223.35	2155.99	747.79
Petrovaradin 3	Petrovaradin 4	0.792	4361.06	71.69	100.60	198.31	1914.29	663.96
Raskrsnica Mišeluk	Petrovaradin 4	2.493	6329.58	229.31	1019.1484	624.22	6025.66	2089.96
Raskrsnica Mišeluk	Sremska Kamenica	3.583	9794.08	256.33	1297.33	704.90	7680.68	3003.74
Paragovo	Sremska Kamenica	3.737	11379.89	180.05	1353.09	735.20	8010.80	876.24

**EKSTERNI TROŠKOVI SAOBRAĆAJA ZNAČAJNI SA ASPEKTA UTICAJA PUTA NA ŽIVOTNU SREDINU - DP IB 21 NOVI SAD – RUMA**

Saobraćajne deonice		Dužina (km)	Buka (eur/god)					
			PA	LTV	STV	TTV	AV	BUS
Raskrsnica Partizanski put	Paragovo	4.007	11864.25	187.21	1409.90	788.32	8487.20	939.55
Raskrsnica Partizanski put	Irig 1	6.965	20017.48	315.24	1759.22	1477.03	14930.49	1633.13
Irig 1	Irig 2	1.03	2794.44	40.60	222.56	194.74	1997.42	241.51
Ruma 2	Irig 2	9.974	27059.91	393.18	2155.18	1885.78	19342.03	2114.41
Ruma 2a	Ruma 2	0.753	2042.92	82.45	198.99	375.16	1387.14	128.19
Ruma 3	Ruma 2a	1.606	4357.15	175.86	424.40	800.15	2958.50	263.08

**Tabela 12. Troškovi klimatskih promena**

Saobraćajne deonice		Dužina (km)	Klimatske promene					
			PA	LTV	STV	TTV	AV	BUS
Novi Sad 3	Petrovaradin 1	2.349	171660.48	1382.10	3207.48	6049.71	72997.76	27569.39
Petrovaradin 1	Petrovaradin 2	0.985	71981.94	579.55	1344.98	2536.81	30609.96	11560.60
Petrovaradin 3	Petrovaradin 2	0.892	65185.67	524.83	1217.99	2297.29	27719.88	10469.09
Petrovaradin 3	Petrovaradin 4	0.792	61054.85	465.99	1081.45	2039.75	24612.27	9295.43
Raskrsnica Mišeluk	Petrovaradin 4	2.493	88614.08	1490.49	10955.74	6420.57	77472.72	29259.46
Raskrsnica Mišeluk	Sremska Kamenica	3.583	137117.07	1666.13	13946.33	7250.42	98751.60	42052.41
Paragovo	Sremska Kamenica	3.737	159318.51	1170.32	14545.75	7562.04	102996.02	12267.32
Raskrsnica Partizanski put	Paragovo	4.007	166099.45	1216.85	15156.46	8108.40	109121.23	13153.64
Raskrsnica Partizanski put	Irig 1	6.965	280244.72	2049.03	18911.61	15192.34	191963.41	22863.76
Irig 1	Irig 2	1.03	39122.11	263.92	2392.55	2003.06	25681.15	3381.14
Ruma 2	Irig 2	9.974	378838.75	2555.64	23168.21	19396.64	248683.24	29601.72
Ruma 2a	Ruma 2	0.753	28600.92	535.95	2139.12	3858.82	17834.69	1794.63
Ruma 3	Ruma 2a	1.606	61000.10	1143.07	4562.32	8230.11	38037.87	3683.15

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu prikazan je katak pregled Unapređenog priručnika za proračun eksternih troškova, sa posebnim osvrtom na proračun eksternih troškova nastalih kao posledica zagađenja vazduha, buke i klimatskih promena. Sa daljim razvojem saobraćaja i povećanjem broja vozila koji se svakodnevno nalaze na mreži puteva potrebno je sve više pažnje posvetiti upravo ovim eksternim troškovima, jer preko njih na prilično jednostavan način možemo sagledati i vrednovati uticaj postojećeg ili planiranog puta na životnu sredinu.

Vrednosti jediničnih cena pomenutih eksternih troškova zavise od EURO standarda motora što ukazuje na mogućnost smanjenja istih kroz strateško unapređenje voznog parka (poštravanje normi kod uvoza polovnih automobila, *min EURO 4*). Zbog postojećeg stanja voznog parka usvojena je pretpostavka da je prosečan motor u Republici Srbiji EURO 3 standarda. Prikazani rezultati, odnosno vrednosti troškova na godišnjem nivou proračunate su korišćenjem preporučenih jediničnih cena koje predstavljaju prosek za zemlje članice EU. U cilju povećanja tačnosti dobijenih vrednosti troškova potrebno je ove jedinične cene konvertovati na BDP Republike Srbije, a kao posledica toga biće smanjenje preporučenih vrednosti koje trebaju da se koriste u analizama.

## LITERATURA

- [1] Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D. (2008), *Handbook of estimation of external cost in transport sector*, Delft
- [2] *Update of the Handbook on External Costs of Transport*, (2014), European Commission – DG Mobility and Transport
- [3] *Statistički godišnjak 2014*, (2014), Republika Srbija – Republički zavod za Statistiku, Beograd

# ANALIZA UTICAJA REKLAMNIH SADRŽAJA PORED PUTA NA DISTRAKCIJU PAŽNJE VOZAČA S POSLEDICAMA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

**Istraživač-saradnik dr Vladan Ilić<sup>1</sup>, master inž. građ.**

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [vilic@grf.bg.ac.rs](mailto:vilic@grf.bg.ac.rs)

**V. prof. dr Dejan Gavran, dipl.građ.inž.**

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [gavran@eunet.rs](mailto:gavran@eunet.rs)

**Doc. dr Sanja Fric, dipl.građ.inž.**

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [sfric@grf.bg.ac.rs](mailto:sfric@grf.bg.ac.rs)

**Asis. Filip Trpčevski, master inž. građ.**

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [frpcevski@grf.bg.ac.rs](mailto:frpcevski@grf.bg.ac.rs)

**Asis. Stefan Vranjevac, master inž. građ.**

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [svranjevac@grf.bg.ac.rs](mailto:svranjevac@grf.bg.ac.rs)

**Asis. Miloš Lukić, master inž. građ.**

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, [mlukic@grf.bg.ac.rs](mailto:mlukic@grf.bg.ac.rs)

**Rezime:** Namerno skretanje pažnje i pogleda vozača tokom vožnje na javnom putu već je prepoznato u svetu kao jedan od važnijih uzročnika saobraćajnih nesreća. Međutim, za razliku od velikog broja istraživanja posvećenih negativnom efektu korišćenja mobilnog telefona i drugih elektronskih uređaja tokom vožnje na bezbednost saobraćaja, manji broj istraživača bavio se uticajem reklamnih sadržaja u vidu bilborda ili panoa pored puta na distrakciju pažnje vozača. Osnova ideja ovog rada je da ukaže na problem nedovoljne kontrole postavljanja reklamnih sadržaja u okolini puta s ciljem privlačenja što veće pažnje vozača, odnosno, skretanja njihovog pogleda sa planiranog pravca kretanja. Osim smanjene preglednosti usled neodgovarajuće veličine i položaja reklamnih tabli, dodatno se povećava i vreme reakcije vozača u slučaju incidentnih situacija, što dalje vodi ka povećanju rizika za nastanak saobraćajnih nezgoda sa težim posledicama. U radu je pokazano da povećano prisustvo reklamnih tabli i znakova ne utiče isto na ponašanje vozača različite starosne dobi, pri čemu je utvrđeno da su stariji vozači više ugroženi.

**Ključne reči:** percepcija vozača, skretanje pažnje, vizuelno zagađenje, preglednost, reklamni znakovi pored puta.

## ANALYSIS OF THE IMPACT OF ROADSIDE ADVERTISING SIGNS ON DRIVERS' ATTENTION DISTRACTION WITH IMPLICATIONS ON TRAFFIC SAFETY

**Summary:** Deliberate driver's inattention and gaze distraction while driving on a public road are recognized as one of the most important causes of traffic accidents worldwide. However, in contrast to large number of studies focusing on the negative effects of mobile phones and other electronic devices use on traffic safety while driving, only a small number of researchers have addressed the impact of roadside advertising signs, such as billboards or commercial signs, on drivers distraction. The basic idea of this paper is to point out the problem of insufficient control when placing advertising signs along road sides in order to attract the maximum drivers' attention and divert their gaze from the planned direction of movement. Besides shortened sight distances induced by inappropriate size and position of advertising signs, in the case of an incident driver's reaction time is additionally increased, which further leads to increase of risk for traffic accidents with casualties. The paper shows that the amplified presence of billboards and advertising signs does not affect the behavior of drivers of different ages on the same manner, where it has been concluded that older drivers are more vulnerable.

**Key words:** driver's perception, attention distraction, visual pollution, sight distance, roadside advertising signs.

---

<sup>1</sup> Vladan Ilić: [vilic@grf.bg.ac.rs](mailto:vilic@grf.bg.ac.rs)

## 1. UVOD

Distrakcija vozača tokom vožnje predstavlja jedan od glavnih uzročnika saobraćajnih nezgoda sa potencijalno težim posledicama, pa čak i smrtnim ishodom (WHO, 2011). Svako skretanje pogleda sa pravca vožnje duže od 1 s značajno utiče na sposobnost vozača za pravovremenu reakciju u slučaju incidentnih situacija (Oviedo-Trespalacios i ost., 2019).

Još od početka prošlog veka, putevi kao osnovne komunikacione veze i krvotok savremenog društva, prepoznati su od strane brojnih kompanija iz različitih grana privrede kao idealne lokacije za postavljanje reklamnih sadržaja svih formata. Još od prvih reklamnih crno belih znakova statičnog tipa sa vrlo jednostavnim dizajnom, industrija oglašavanja pomno je pratila razvoj tehnologije, ubrzano napredovala i postala danas vrlo profitabilan posao. Primena kompjuterske tehnike i elektronike omogućili su izradu digitalnih aktivnih bilborda i drugih pokretnih reklamnih panela sa promenljivim sadržajem koji znatno više "odvlače" pažnju vozača. Težeći ka što većem profitu, reklamne agencije, odnosno kompanije iz industrije oglašavanja, nastoje da privuku pažnju većeg broja učesnika u saobraćaju i zadrže što duže njihov fokus na sadržajima prikazanim na reklamama pored puta. Tu je zapravo i osnovni izvor problema, jer su interesi reklamnih agencija da ciljano privuku pažnju i potreba za što manjom distrakcijom vozača zbog kontrole bezbednosti saobraćaja suštinski suprotstavljene.

## 2. PREGLED LITERATURE

Već tokom 60-tih godina prošlog veka rađene su prve studije i statističke analize o uticaju većeg prisustva reklamnih sadržaja na povećanje broja saobraćajnih nezgoda. Tako je Ady (1967) prikupljao podatke o učestalosti saobraćajnih nezgoda pre i posle postavljanja bilborda na različitim deonicama puta. Tada je ustanovio da su sa aspekta bezbednosti saobraćaja naročito kritični jarko osvetljeni bilbordi, postavljeni približno na sredini dužine oštrih krivina. Land i Lee (1994) takođe su ustanovili da su svi reklamni znaci postavljeni na delu krivina problematični zbog izraženog efekta skretanja pažnje vozača koji moraju održati koncentraciju da bi mogli pratiti geometriju puta, odnosno, zakrivljenost krivine. Međutim, postavljanje reklamnih znakova duž krivina često je namerno zahtevano od strane reklamnih agencija, zato što su takvi znakovi češće fiksirani pogledima vozača nego reklamni znakovi postavljeni bočno u odnosu na pravolinijske deonice puta (Beijer i ost. 2004).

Mnogi istraživači koristili su simulatore vožnje da proučavaju uticaj reklamnih sadržaja pored puta na kognitivne sposobnosti percepcije vozača u različitom okruženju. Ovde se mora napomenuti da je eksterna evaluacija podataka dobijenih primenom simulatora smanjena u poređenju sa eksperimentalnim studijama u kojima su podaci prikupljeni u realnim uslovima vožnje. Lansdown i ost. (2015) pokazali su da kadgod je pažnja vozača skrenuta sa osnovnog zadatka upravljanja vozilom na manje važne informacije kao što su reklame na bilbordima, smanjen je kapacitet pravovremene reakcije vozača na promene u saobraćajnom toku. Bendak i Al-Saleh (2010) su pomoću simulatora vožnje procenili sposobnosti vozača za upravljanje vozilom duž istih deonica puta u dva različita stanja, sa i bez reklamnih znakova. Kao rezultat simulacije dobili su da, u situaciji kada su reklamni znakovi postavljeni duž pravca kretanja, dolazi do neravnomernih oscilacija poprečnog položaja vozila u odnosu na granice saobraćajne trake, a u pojedinim slučajevima čak i do nesmotrenog prolaska kroz crveno svetlo na raskrsnici ili nezaustavljanja na znak "stop". Sličan problem, odnosno, poteškoće vozača da kontrolišu poprečni položaj vozila u voznoj traci kada su ciljano izloženi reklamnim sadržajima na bilbordima, ustanovili su Young i ost. (2009). Upravo zbog pogrešne predstave o položaju njihovog vozila, prema istraživanjima Sisiopiku-a i ost. (2015), vozači koji su izloženi štetnom uticaju reklamnih sadržaja najčešće gube kontrolu usled bočnog zanošenja vozila i udaraju prednjim krajem u neku fiksnu prepreku ili zadnji kraj vozila ispred. Analizirajući podatke o saobraćajnim nezgodama na deonicama puta sa velikim brojem reklamnih znakova, do gotovo istih zaključaka došao je i Islam (2015).

Reklamni znakovi pored puta znatno se razlikuju po obliku, veličini, boji i nivou osvetljenosti ili iluminacije. Sve prethodno nabrojane karakteristike reklamnih znakova dominantno utiču na distrakciju i pad koncentracije vozača. Slično tome, u radu Rayner-a i ost. (2001) pokazano je i da dužina teksta, veličina i font slova na reklamnim panoima imaju direktan uticaj na frekvenciju, trajanje i dužinu fiksacije pogleda vozača usmerenih na reklame postavljene pored puta. Costa i ost. (2019) ocenjivali su intenzitet efekta distrakcije pažnje vozača, koji izaziva šest različitih vrsta reklamnih znakova (bilbordi, LED paneli sa cenama goriva, reklamne prodajne table, prenosni reklamni panoi, jednostruki i višestruki reklamni znakovi za usmeravanje prema komercijalnim sadržajima), na osnovu učestalosti i dužine fiksacija pogleda vozača. Kao rezultat njihove analize, bočno rastojanje reklamnog znaka od ivice bankine puta i broj reči, odnosno, dužina

teksta koji je ispisan na samom znaku, definisane su kao ključne karakteristike reklamnih znakova koje utiču na povećanje distrakcije pažnje vozača. Distrakcija vozača je veća ako se reklamni znak postavi bliže ivici puta i kada je na tom znaku ispisan upadljiv tekstualni sadržaj sa slovima većim od 10.0 cm. S druge strane, reklamni znakovi koji sadrže dugačke tekstove i natpise sa slovima male veličine, ne privlače pažnju vozača.

### **3. UTICAJ REKLAMNIH ZNAKOVA I DIGITALNIH BILBORDA NA PONAŠANJE VOZAČA RAZLIČITE STAROSNE DOBI**

Imajući u vidu povećano vreme reakcije vozača starije dobi uzrokovano prirodnim biološkim procesima, stariji vozači generalno predstavljaju najugroženiji deo vozačke populacije s aspekta distrakcije pažnje tokom vožnje. Brojni istraživači ustanovili su da povećano prisustvo reklamnih znakova i bilborda negativno utiče na koncentraciju vozača starijih od 65 godina.

Edquist i ost. (2011) utvrdili su da stariji vozači u poređenju sa vozačima starije dobi od 18 do 55 godina, prave češće greške pri promeni vozne trake, naročito kad su izloženi uticaju statičnih reklamnih znakova. U radu Fofanova-e i Vollrath-a (2011), kao i na osnovu većeg broja drugih istraživanja iz oblasti saobraćajne psihologije, potvrđeno je da su stariji vozači, usled distrakcije pažnje tokom vožnje i skretanja pogleda sa planiranog pravca kretanja na reklame pored puta, ugroženiji u odnosu na mlađe vozače.

Na osnovu analize percepcije i stavova vozača različite starosti prema digitalnim bilbordima, Čičević i ost. (2013) pokazali su da 30 % vozača mlađih od 30 godina skoro svaki put opazi poruku na digitalnim bilbordima. Nasuprot tome, vozači koji su stariji od 30 godina uoče digitalne bilborde skoro svaki put samo u 2 % slučajeva.

### **4. UREDBE I REGULATIVA VEZANA ZA POSTAVLJANJE REKLAMNIH ZNAKOVA**

Zakoni, uredbe i drugi propisi u kojima su definisana pravila i ograničenja za postavljanje reklamnih znakova na mreži javnih puteva veoma se razlikuju širom sveta. U SAD je npr. postavljanje reklamnih znakova regulisano tzv. "Aktom o ulepšavanju puteva" (na engleskom: Highway Beautification Act), koji je izglasan u Senatu i Predstavničkom domu SAD-a još 1965. godine. Međutim, ovaj akt ne primenjuje se zvanično kao zakon u svim američkim saveznom državama. U nekim saveznom državama (Aljaska, Vermont, Havai i Mejn) postavljanje bilborda pored puta je zabranjeno, dok je u drugim dozvoljeno uz ispunjenje specijalnih zahteva definisanih posebnim propisima u svakoj od saveznih država.

Italijani su među prvima u Evropi usvojili regulativu za postavljanje reklamnih znakova pored puteva različitog ranga. Tako, prema italijanskim propisima (Italian Highway Code, 1992), maksimalna površina reklamnog znaka izvan urbanih sredina ne sme da pređe 6.0 m<sup>2</sup>, sa izuzetkom reklamnih panoa postavljenih paralelno osovini puta čija površina mora biti manja od 20.0 m<sup>2</sup>. Prema istim propisima, reklamni znakovi moraju biti postavljeni na odgovarajuću visinu tako da njihova donja ivica bude udaljena za više od 1.5 m u odnosu na površinu kolovoza puta. Znakovi koji pokazuju smer ka komercijalnim i turističkim sadržajima moraju biti pravougaonog oblika sa dimenzijama u rasponu od 1.0 x 0.2 m do 1.5 x 0.3 m. Višestruki saobraćajni znakovi za označavanje smeru ne mogu da sadrže više od 6 pojedinačnih znakova montiranih na istom nosaču ili stubu. Posebno se kontroliše primena crvene boje kako bi se izbegla zamena, odnosno potencijalno mešanje, sa saobraćajnim znacima. Digitalni bilbordi moraju biti postavljeni na udaljenosti od najmanje 3.0 m bočno u odnosu na ivicu bankine puta, kao i na udaljenosti od najmanje 250 m u odnosu na susedne površinske raskrsnice. Postavljanje bilborda i drugih reklamnih znakova u krivinama je zabranjeno. U urbanim sredinama unutar italijanskih gradova važe posebni lokalni propisi za oglašavanje turističkih i drugih sadržaja u zoni puta.

Za postavljanje reklamnih znakova ili panoa pored puta na mreži vangradskih puteva u Srbiji mora se dobiti saglasnost upravljača puta, odnosno, Javnog preduzeća (JP) "Putevi Srbije". Da bi se odobrio zahtev za postavljanje reklamnog panoa treba izraditi poseban elaborat koji mora da pečatira i potpiše odgovorni projektant sa odgovarajućom licencom. Završen elaborat mora da sadrži sledeće podatke:

- oblik, boju, veličinu i izgled reklamnih tabli i bilborda;
- način postavljanja reklamnih panoa (tabli) sa statičkim proračunom stabilnosti noseće konstrukcije istih;
- situaciju na katastarskoj podlozi odgovarajuće razmere sa unetim položajem predmetnog puta i predviđenih reklamnih tabli;

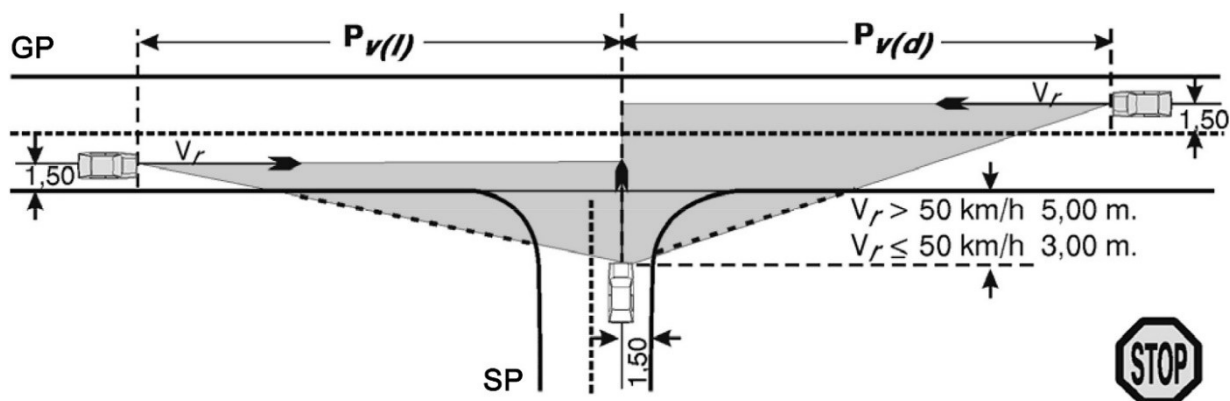


- poprečni profil predmetnog puta na mestu postavljanja reklamnih panoa sa ucrtanim položajem tih panoa i naznačenom stacionažom i stranom puta (gledano u pravcu rasta stacionaže).

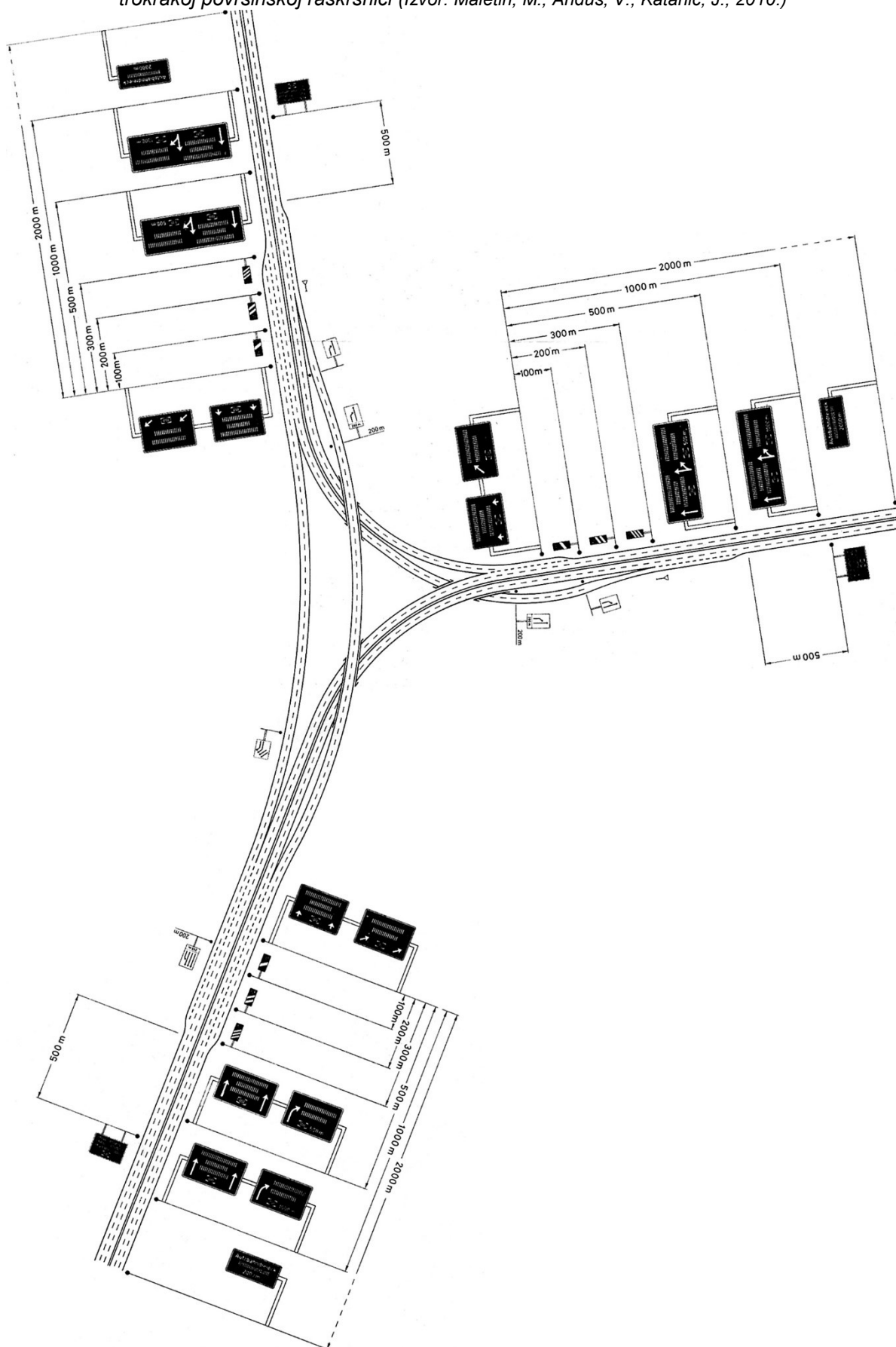
Prilikom izrade navedenog elaborata moraju se ispuniti i sledeći uslovi:

- Reklamne table, reklamni panoi i bilbordi mogu se postaviti na državnom putu, odnosno pored tog puta na udaljenosti od 7.0 m, mereno sa spoljne strane od ivice kolovoza (član 43. Zakona o javnim putevima (Sl. glasnik RS, br. 101/2005)) i u zavisnosti od oblika poprečnog profila puta, na rastojanju od najmanje 1.0 m od krajnje tačke poprečnog profila puta (nožica nasipa ukoliko je nagib kosine tog nasipa do 1:1.5 ili spoljne ivice putnog kanala);
- Zabranjeno je postavljanje reklamnih tabli u pojasu širine 60.0 m pored autoputa (član 43. Zakona o javnim putevima (Sl. glasnik RS, br. 101/2005));
- Na delu krivina mogu se postavljati reklamne table sa unutrašnje strane krivine uz obezbeđenje neophodne dužine zahtevane preglednosti utvrđene Pravilnikom o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta (Sl. glasnik RS, br. 50/2011);
- Svi reklamni znakovi moraju imati oblik pravougaonika ili kvadrata;
- Po pravilu, reklamne table i znakovi postavljaju se sa desne strane uz kolovoz, u smeru kretanja vozila;
- U zoni raskrsnica i saobraćajnih priključaka svi reklamni znakovi moraju da se postave van karakterističnih trouglova preglednosti (**Slika 1**);
- Nije dozvoljeno postavljanje reklamnih znakova u zoni uliva i/ili izliva na denivelisanim raskrsnicama i u neposrednoj blizini saobraćajnih znakova na portalnim nosačima iznad autoputa, koji pokazuju glavne smerove razdvajanja saobraćaja po različitim pravcima kretanja na rampama denivelisanih raskrsnica (**Slika 2**);
- Radi postepene akomodacije oka vozača po izlasku iz tunela, postavljanje reklamnih znakova, a naročito LED bilborda, zabranjeno je na dužini koja odgovara najmanje 10.0 s vožnje na deonici puta posle izlaska iz tunela;
- Kako bi se sprečilo zaklanjanje već postavljenih saobraćajnih znakova i odvratanje pažnje vozača od saobraćajne signalizacije, reklamne table ne smeju se postavljati na udaljenosti manjoj od 30.0 m od saobraćajnog znaka, kao ni između saobraćajnih znakova;
- Reklamni znakovi ne mogu se postavljati na istom mestu zajedno sa saobraćajnim znakovima niti se sa njima kombinovati;
- Minimalna međusobna udaljenosti između reklamnih znakova mora biti minimalno 50.0 m;
- Osnovna boja, umetnuta polja, natpisi i grafički simboli na reklamnim tablama ne smeju imati formu saobraćajnih znakova i vizuelno podsećati na iste;
- Na javnim površinama utvrđenim urbanističkim planovima gradova i naseljenih mesta, reklamne table i znakovi mogu se postavljati samo na lokacijama usklađenim sa postojećom saobraćajnom i komunalnom infrastrukturom lokalnog područja.

Sve pristigle zahteve za postavljanje reklamnih tabli i znakova u okviru JP "Putevi Srbije" razmatra Sektor za održavanje puteva I i II reda. Na putnim pravcima kojima upravlja grad Beograd, uslovi i način postavljanja reklama i drugih sredstava za javno oglašavanje na otvorenim površinama koje pripadaju teritoriji grada Beograda, definisani su posebnom Odlukom o oglašavanju (Sl. list grada Beograda, br. 86/2016, 126/2016, 36/2017, 96/2017 i 109/2018).



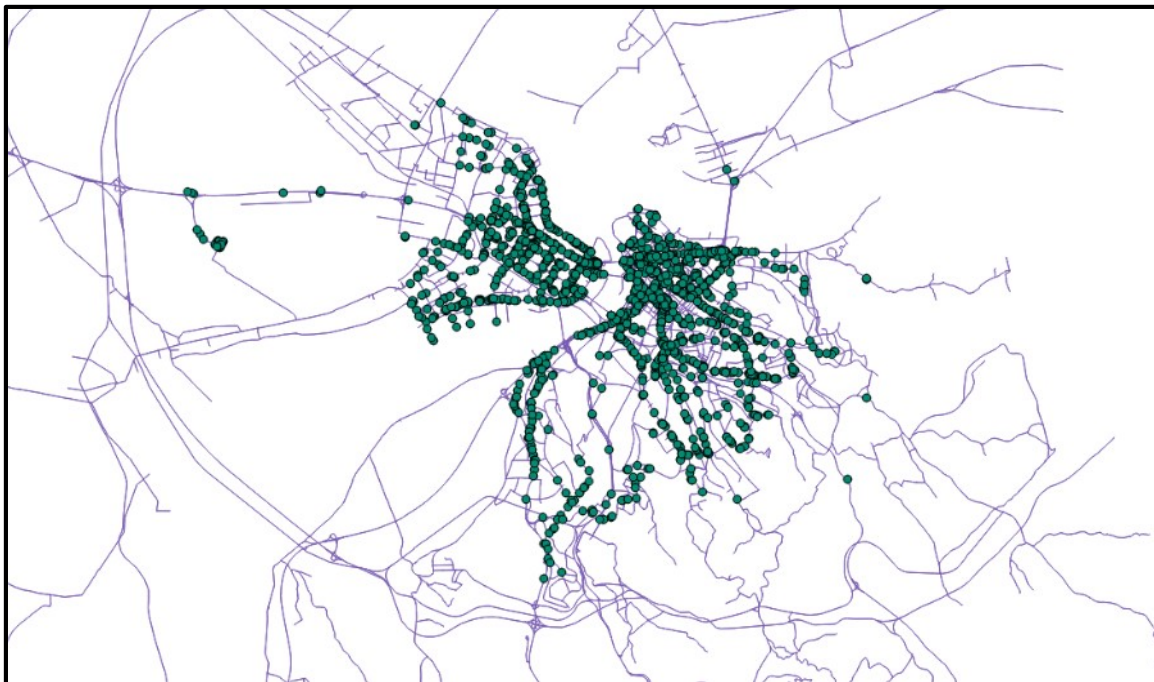
**Slika 1. Geometrijski uslovi preglednosti: konstrukcija preglednosti za potencijalni konflikt vozilo-vozilo na trokrakoj površinskoj raskrsnici (Izvor: Maletin, M., Anđus, V., Katanić, J., 2010.)**



**Slika 2.** Šematski prikaz postavljanja vertikalne saobraćajne signalizacije za označavanje pravca kretanja prilikom prolaska kroz denivelisanu raskrsnicu tipa "trougao" (Izvor: FGSV, 2019)

## 5. DISTRAKCIJA PAŽNJE VOZAČA U URBANOM I RURALNOM PODRUČJU

Marketinške agencije po pravilu teže da privuku pažnju što većeg broja potencijalnih kupaca i potrošača kako bi promovisale određene proizvode i usluge. S obzirom da u svim razvijenim zemljama najveći deo populacije čini gradsko stanovništvo, reklamne agencije uvek nastoje da što veći broj atraktivnih sadržaja predstave na reklamnim tablama i bilbordima lociranim unutar urbanih zona. To se može jasno videti i na osnovu mape sa lokacijama digitalnih bilborda postavljenih na teritoriji grada Beograda (**Slika 3**).



**Slika 3.** Lokacije digitalnih bilborda koje je zakupila reklamna agencija Alma Quattro na teritoriji grada Beograda zaključno sa junom 2018. god. (Izvor: Rubinjoni i ost., 2018.)

Analizirajući uticaj 154 reklamna znaka različitog oblika i veličine na distrakciju pažnje vozača duž 15 km dvotračnog puta u Italiji, Costa i ost. (2019) utvrdili su da se fiksacije pogleda vozača duže zadržavaju na reklamnim tablama i bilbordima postavljenim u ruralnom području. Pri tome su reklamni znakovi postavljeni na strani vozača češće "odvlačili" njihove poglede u poređenju sa znakovima lociranim na suprotnoj strani puta. Iako je prosečna brzina kretanja vozača u urbanim sredinama niža u odnosu na ruralna područja, povećano prisustvo, odnosno, gustina reklamnih znakova utiče na čestu promenu fokusa pogleda vozača. U takvim uslovima vozači su namerno "isprovocirani" da u kratkom roku pokušaju sagledati informacije sa što većeg broja reklamnih znakova, čime se trajanje fiksacije njihovih pogleda smanjuje.

## 6. UTICAJ INTENZITETA OSVETLJENOSTI REKLAMNIH ZNAKOVA NA NIVO DISTRAKCIJE VOZAČA

Postoji veći broj istraživanja (CTC, 2012; Roberts i ost., 2013) koja su dokazala da promene osvetljenosti na znakovima u vidnom polju vozača refleksno privlače njihove poglede. Ovo je posebno izraženo kod digitalnih bilborda u poređenju sa klasičnim statičnim reklamnim tablama ili panoima sa manjom frekvencijom promene reklamnih sadržaja. U zadnje tri godine u Australiji su usvojeni propisi koji ograničavaju promenu jačine osvetljenosti na digitalnim bilbordima, dok je u australijskim saveznom državama Kvinslendu i Novom južnom Velsu ograničena i frekvencija promene slika na digitalnim bilbordima.

Na distrakciju pažnje vozača dodatno negativno utiče velika razlika između intenziteta osvetljenosti reklamnih znakova i ostalih predmeta ili objekata iz neposredne okoline puta. Ovaj problem naročito je prisutan kod digitalnih bilborda sa LED tehnologijom (**Slika 4**). Brza promena osvetljenosti na reklamnim znakovima utiče na pogoršanje koncentracije vozača, posebno tokom vožnje noću. Prema autoru (Jenkins, 2016) preporučena razlika u intenzitetu osvetljenosti na digitalnim reklamnim znakovima, pri promeni iz dana u noć, treba da se kreće u granicama od 20.0 do 50.0 %. Iako u uslovima loše vidljivosti (magla, kiša i sneg) jarko osvetljeni digitalni bilbordi doprinose jasnijem uočavanju rubnih elemenata kolovoza puta, još nisu

sprovedena istraživanja koja bi ispitala uticaj digitalnih bilborda na povećanje bezbednosti saobraćaja u takvim uslovima vožnje. U nedavno publikovanoj studiji, Zalesinska (2018) je pokazala da intenziteti osvetljenosti digitalnih bilborda veći od 400 cd/m<sup>2</sup> negativno utiču na sposobnost vozača da zadrži fokus na planiranu trajektoriju kretanja tokom vožnje.



Slika 4. Digitalni bilbord sa LED tehnologijom (Izvor: Bilbordi Srbija, 2019.)

## 7. ZAKLJUČAK

U 21. veku je industrija oglašavanja, koristeći sve blagodeti razvoja moderne digitalne tehnologije, postala veoma atraktivan i unosan posao. Važan deo poslovnih aktivnosti svih reklamnih agencija predstavlja i oglašavanje na otvorenom prostoru, a posebno na reklamnim znakovima postavljenim duž važnih putnih pravaca. Reklamni znakovi se posebno projektuju i dodatno tehnički usavršavaju samo sa jednim ciljem: da privuku i što je moguće duže zadrže poglede vozača i drugih učesnika u saobraćaju. Međutim, ovakav pristup, zasnovan na distrakciji, odnosno, skretanju pažnje vozača sa njihovih primarnih aktivnosti, neminovno dovodi da povećana rizika za nastanak saobraćajnih nezgoda sa težim posledicama.

Oblik, veličina, boja i nivo osvetljenosti predstavljaju karakteristike reklamnih znakova koje dominantno utiču na distrakciju i pad koncentracije vozača. Takođe, na osnovu analize radova drugih autora, utvrđeno je da dužina teksta, veličina i font slova ispisanih na reklamnim panoima imaju direktan uticaj na frekvenciju i trajanje fiksacije pogleda vozača usmerenih na reklame pored puta. Osim broja reči, odnosno, dužine teksta ispisanog na reklamnom znaku, na povećanje distrakcije pažnje vozača utiče i bočno rastojanje tog znaka od ivice bankine puta. Distrakcija vozača se povećava ako se reklamni znak postavi bliže bankini puta i ako je tekstualni sadržaj na tom znaku ispisan slovima većim od 10.0 cm.

Kao rezultat većeg broja istraživanja iz oblasti saobraćajne psihologije potvrđeno je da su stariji vozači, usled distrakcije pažnje tokom vožnje i skretanja pogleda sa planiranog pravca kretanja na reklame pored puta, ugroženiji u odnosu na mlađe vozače. Vozači stariji od 65 godina u poređenju sa vozačima starosti od 18 do 55 godina prave češće greške pri promeni vozne trake, naročito kad su izloženi uticaju stacionarnih reklamnih znakova. Padom koncentracije kod starijih vozača usled veće izloženosti reklamnim sadržajima, ionako produženo vreme reakcije, dodatno se povećava.

Iako je prisustvo reklamnih sadržaja daleko veće u urbanim sredinama, pogledi vozača se duže zadržavaju na reklamnim tablama postavljenim u ruralnim područjima. Naime, zbog veće gustine reklamnih znakova u

urbanim sredinama, vozači su namerno "isprovocirani" da u kratkom roku pokušaju vizuelno registrovati različite informacije sa što većeg broja reklama.

Promena jačine osvetljenosti na reklamnim znakovima u vidnom polju vozača refleksno privlači njihove poglede. Sa stanovišta frekvencije i intenziteta promene osvetljenosti, od svih reklamnih znakova, najveći efekat distrakcije pažnje vozača izazivaju digitalni bilbordi sa LED tehnologijom. Zbog negativnog uticaja na bezbednost saobraćaja, strukovna udruženja građevinskih i saobraćajnih inženjera u većini razvijenih zemalja aktivno lobiraju da se zakonski ograniči maksimalna jačina, odnosno, frekvencija promene intenziteta osvetljenosti na digitalnim bilbordima. Značajan iskorak na ovom polju napravljen je u Australiji.

Za postavljanje reklamnih znakova ili panoa pored puta na mreži vangradskih puteva u Srbiji mora se dobiti saglasnost upravljača puta, odnosno, JP "Putevi Srbije". Pristigle zahteve za postavljanje reklamnih tabli i znakova u okviru JP "Putevi Srbije" razmatra Sektor za održavanje puteva I i II reda.

Da bi se umanjio negativan uticaj reklamnih znakova na distrakciju pažnje vozača, potrebno je da nacionalne agencije ili druge institucije koje upravljaju mrežom javnih puteva usvoje posebne smernice i pravila koja ograničavaju veličinu, potencijalnu lokaciju i sadržaj reklamnih znakova. Pošto se reklamna industrija veoma brzo prilagođava i usvaja nove tehnologije, potrebno je da i se zakonski propisi kojima se reguliše javno oglašavanje menjaju u skladu sa budućim tendencijama razvoja na tržištu oglašavanja.

## Literatura

- [1] WHO, 2011. Mobile Phone Use: A Global Problem of Driver Distraction. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland.
- [2] Oviedo-Trespalacios, O., Truelove, V., Watson, B., Hinton, J.A., 2019. The impact of road advertising signs on driver behavior and implications for road safety: A critical systematic review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 122 (2019): 85-98. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.01.012>.
- [3] Ady, R., 1967. An Investigation of the relationship between illuminated advertising signs and expressway accidents. *Traffic Safety Research*. Rev. 3, 9-11.
- [4] Land, M.F., Lee, D.N., 1994. Where we look when we steer. *Nature* 269 (6483): 742-744. <https://doi.org/10.1038/369742a0>.
- [5] Beijer, D., Smiley, A., Eizenman, M., 2004. Observed driver glance behavior at roadside advertising signs. *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board* 1899: 96-103. <https://doi.org/10.3141/1899-13>.
- [6] Lansdown, T.C., Stephens, A.N., Walker, G.H., 2015. Multiple driver distractions: a systematic transport problem. *Accident Analysis & Prevention* 74: 360-367. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.07.006>.
- [7] Bendak, S., Al-Saleh, K., 2010. The role of roadside advertising signs in distracting drivers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 40 (3): 233-236. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.12.001>.
- [8] Young, M.S., Mahfoud, J.M., Stanton, N.A., Salmon, P.M., Jenkins, D.P., Walker, G.H., 2009. Conflicts of interest: the implications of roadside advertising for driver attention. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 12 (5): 381-388. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2009.05.004>.
- [9] Sisiopiku, V.P., Stavrinou, D., Sullivan, A., Islam, M.M., Wittig, S.M., Haleem, K., et al., 2015. Digital Advertising Billboards and Driver Distraction. National Center for Transportation Systems Productivity and Management, Atlanta, United States of America.
- [10] Islam, M.M., 2015. A Comprehensive Assessment of Possible Links Between Digital Advertising Billboards and Traffic Safety. The University of Alabama at Birmingham.
- [11] Rayner, K., Rotello, C.M., Stewart, A.J., Keir, J., Duffy, S.A., 2001. Integrating text and pictorial information: eye movements when looking at print advertisements. *Journal of Experimental Psychology: Applied* 7 (3): 219-226. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.7.3.219>.
- [12] Costa, M., Bonetti, L., Vignali, V., Bichicchi, A., Lantieri, C., Simone, A., 2019. Driver's visual attention to different categories of roadside advertising signs. *Applied Ergonomics* 78 (2019): 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.03.001>.
- [13] Edquist, J., Horberry, T., Hosking, S., Johnston, I., 2011. Effects of advertising billboards during simulated driving. *Applied Ergonomics* 42 (4): 619-626. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.013>.
- [14] Fofanova, J., Vollrath, M., 2011. Distraction while driving: the case of older drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 14 (6): 638-648. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.08.005>.
- [15] Čičević, S., Glavić, D., Trifunović, A., 2013. Percepcija i stavovi vozača prema digitalnim bilbordima. *Put i saobraćaj*. 3 (2013): 13-20.
- [16] Italian Highway Code, 1992. Codice della Strada. Legislative Decree No. 285, April 30<sup>th</sup> 1992.

- [17] Maletin, M., Anđus, V., Katanić, J., 2010. Tehnička uputstva za projektovanje površinskih raskrsnica (PGS-PR/07). Građevinski centar, ISBN 978-86-88509-02-2, Beograd, Srbija, str. 34.
- [18] FGSV, 2019. Planfreie Knotenpunkte, Beispielsammlung. Bearbeitet von den Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln, Deutschland. (on-line) dostupno na: <http://www.fgsv-verlag.de/catalog/start.php?osCsid=38deaaed66f3f609bd50732b0f41d2df> (25.06.2019)
- [19] Rubinjoni, L., Dimitrijević, S., Pavićević, M., Rubinjoni, Z., Pandurov, K., Zimonjić, G., 2018. Analysis of traffic volume and number of passengers in Alma Quattro media visibility zones. CEP - Centar za planiranje urbanog razvoja, PTV User Group Meeting, 11<sup>th</sup> - 12<sup>th</sup> October 2018, Belgrade, Serbia.
- [20] CTC, Associates, L.L.C., 2012. Effects of Outdoor Advertising Displays on Driver Safety. Preliminary Investigation requested by Caltrans Division of Design.
- [21] Roberts, P., Boddington, K., Rodwell, L., 2013. Impact of Roadside Advertising on Road Safety, Austroads Research Report AP-R420-13, ARRB Group, Austroads Ltd, Sydney, Australia. (on-line) dostupno na: <http://scenic.org/storage/PDFs/austroads%20research%20report%20on%20impact%20of%20roadside%20advertising%20on%20road%20safety.pdf> (14.07.2019)
- [22] Bilbordi Srbija, 2019. Osnovne prednosti oglašavanja na LED bilbordima. Bilbordi Srbija - informativni portal za outdoor i indoor oglašavanje. (on-line) dostupno na: <https://bilbordisrbija.rs/2018/11/02/osnovne-prednosti-oglasavanja-na-led-bilbordima/> (15.07.2019)
- [23] Jenkins, S., 2016. Recommendations for the Maximum Luminance of Digital Advertising Signs. Department of Transport and Main Roads, Queensland, Australia.
- [24] Zalesinska, M., 2018. The impact of the luminance, size and location of LED billboards on drivers' visual performance - Laboratory tests. Accident Analysis & Prevention 117 (2018): 439-448. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.005>



# OPTIONS FOR LOW CARBON MOBILITY AND TRANSPORT IN SLOVENIA: THE RESULTS OF THE PROJECT ASTUS

**MSc Andrej Gulič**

Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia (UIRS), Trnovski pristan 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia, <http://www.urs.si/en-GB/Home>, [andrej.gulic@urs.si](mailto:andrej.gulic@urs.si)

**Abstract:** Project ASTUS – in which Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia participates as a partner – aims to help local authorities to identify and implement long term solutions in both mobility and spatial planning to reduce the CO<sub>2</sub> impacts linked to daily trips in the Alps. Alpine territories are very attractive for touristic, economic and housing reasons. An increase in traffic volume and higher levels of CO<sub>2</sub> emissions are challenges of the future. The spreading of housing and car-dependent structures often compels inhabitants to use their own car for daily trips. This has negative consequences from an environmental, economic, spatial and social perspective, and contradicts the sustainable development of alpine space. ASTUS assists local authorities in identifying and adopting an adequate local low CO<sub>2</sub> strategy and action plan, to foster long term low CO<sub>2</sub> options. In the article trends, scenarios and strategy for low carbon mobility and transport for the City Municipality of Novo mesto (Slovenia) are presented.

**Key words:** Project ASTUS, low carbon mobility, environmental protection, trends, scenarios, strategy, Novo mesto, Slovenia.

## 1. INTRODUCTION

ASTUS aims to help local authorities to identify and implement long term solutions in both mobility and spatial planning to reduce the CO<sub>2</sub> impacts linked to daily trips in the Alps. Alpine territories are very attractive for touristic, economic and housing reasons. An increase in traffic volume and higher levels of CO<sub>2</sub> emissions are challenges of the future. The spreading of housing and car-dependent structures often compels inhabitants to use their own car for daily trips. This has negative consequences from an environmental, economic, spatial and social perspective, and contradicts the sustainable development of alpine space. A transnational approach, cross-sectoral competencies, skills and experiences are needed to improve the current situation and meet the objectives for the whole alpine space. ASTUS assists local authorities in identifying and adopting an adequate local low CO<sub>2</sub> strategy and action plan, to foster long term low CO<sub>2</sub> options. Main outputs are territorial typology of AS, a toolset of “CO<sub>2</sub> minimizers” estimating CO<sub>2</sub> effects and costs of potential mobility and spatial planning solutions, a transnational methodology for building low CO<sub>2</sub> scenarios, local scenarios-strategies-action plans and transnational recommendations for a successful reduction of CO<sub>2</sub> emissions in the Alps.

In the article we present only part of the results of the pilot activities that we carried out for the City Municipality of Novo mesto in Slovenia, more precisely the trends, scenarios and strategy for low carbon mobility and transport, which we have prepared in close cooperation with the representatives of the municipality.

## 2. TRENDS AND DRIVERS OF CHANGE

### 2.1. State of the art

City of Novo mesto is the largest employment centre in the Southeast Slovenia Statistical Region. It is a functional centre that integrates administrative, service, health, educational, cultural and economic services of regional importance. The city of Novo mesto is the only compact settlement in the municipality. Between the city of Novo mesto and the surrounding area there is no clear border. The suburbs are characterized by a scattered settlement pattern with marked rural elements. Decades of agricultural land conservation policy left consequences in urban development pattern. Since the city of Novo mesto was surrounded by a belt of high-quality agricultural land no urban development was allowed in a sense of organic city urban development. A dispersed urban development pattern results in mobility problems related to use of individual cars. The characteristics of spatial development and recent land-use policies also influenced the modes of transport mobility. There is an ever-increasing trend of the level of motorization, which affects that more and more journeys to work, to different supply, service and leisure destinations are carried out by individual motorized transport. These trends reduce the use of available public transport means, lessen the efficiency of the present public transport system and consequently increase the pressures for further unsustainable use of space.

The City municipality of Novo mesto is actively responding to these trends and has already prepared various documents, which form the basis for the efforts to counteract unwanted developments. With reference to



preparing scenarios within the ASTUS pilot activity the most important are: Development strategy 2030 (2018), Integrated Transport Strategy (2017) and Sustainable Urban Strategy (2015). Implementation of these development documents will represent an important driving force for changing inconvenient situations and trends.

## 2.2. Trends and driving forces

At the beginning of description of trends and driving forces, we present definitions of the terms used:

1. Trend – a general tendency or direction of development / change over time.
2. Driving forces in the broader sense - factors that cause changes that affect the future.
3. Driving forces in the narrow sense - factors that promote and stimulate certain aspects of demand for transport services such as driving frequencies, distance travelled and the total volume of passenger traffic.

In the project the most characteristic generalised trends in the developed countries and at the national level were addressed, but due to the limited space of the article, we are going to present only the trends described in the strategic documents and related resources of the City Municipality of Novo mesto (consulted documents and related resources are listed in the literature).

### *Demographic trends*

1. Population growth, especially in settlements located near the settlement of Novo mesto, and especially in the northern part of the municipality near the connections to the motorway.
2. Without a strong increase in fertility, the decline in births will only increase.
3. Strengthened decline of internal immigration into the municipality.
4. Increased reduction in the number and share of the population with a lower level of education belonging to the elderly population and increase in the number and share of the population with a higher and high level of education belonging to the younger population.
5. Increase in the number and share of one-member and partly two-member families and a rapid reduction of the share of three- and more-member households.

### *Spatial trends*

1. Displacement and dispersal of settlements.
2. The traditional settlement patterns are being dissolved with the suburban, especially atomized construction on the edges of the settlements and in the open space between individual settlements.
3. Continued interweaving of rural and suburban types of settlements.
4. Continued trend towards accelerated motorization.
5. Changing habits of young people (in the year 2002 about 75% of primary school pupils came to school actively (on foot or by bicycle) and only 27% in the year 2016).

### *Trends in transport and mobility*

1. Worsening conditions for long distance passenger transport.
2. Reducing pressures on the environment from human activities.
3. Downward trend in bus service supply.
4. Increases in the number of alternative-fuel vehicles.

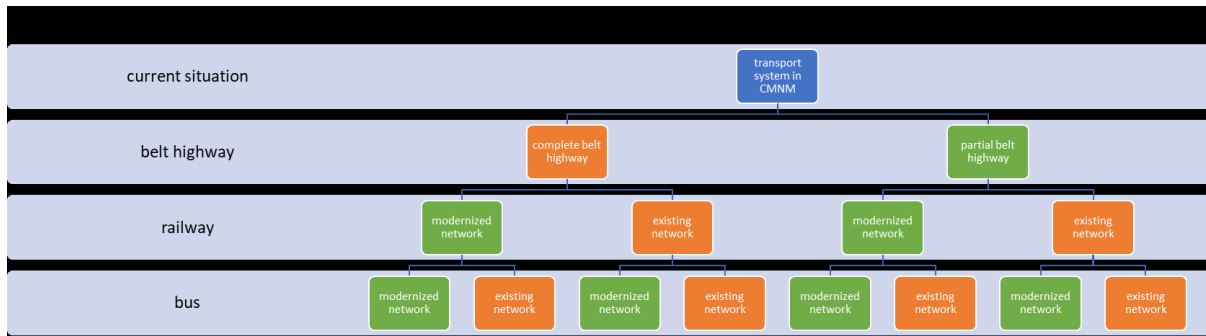
The following main *drivers of change* affecting spatial development and mobility have been identified:

1. Decline in the public transport services competitiveness.
2. Decrease in the number of public transport passengers.
3. Continuing pressures for dispersed settlement development in the suburban areas.
4. Increasing of the motorization rate.
5. Strengthening automobility.
6. Increasing of greenhouse gas emissions from transport.

## 3. SCENARIO BUILDING PROCESS

### 3.1 Elements of the low carbon scenarios

Considering the set of identified trends and drivers of change, key elements of low carbon scenarios were identified. There are four low carbon scenario elements: current situation in the transport system, the motorway belt, the railway and bus network. Their possible variations are presented below in the Figure 1.

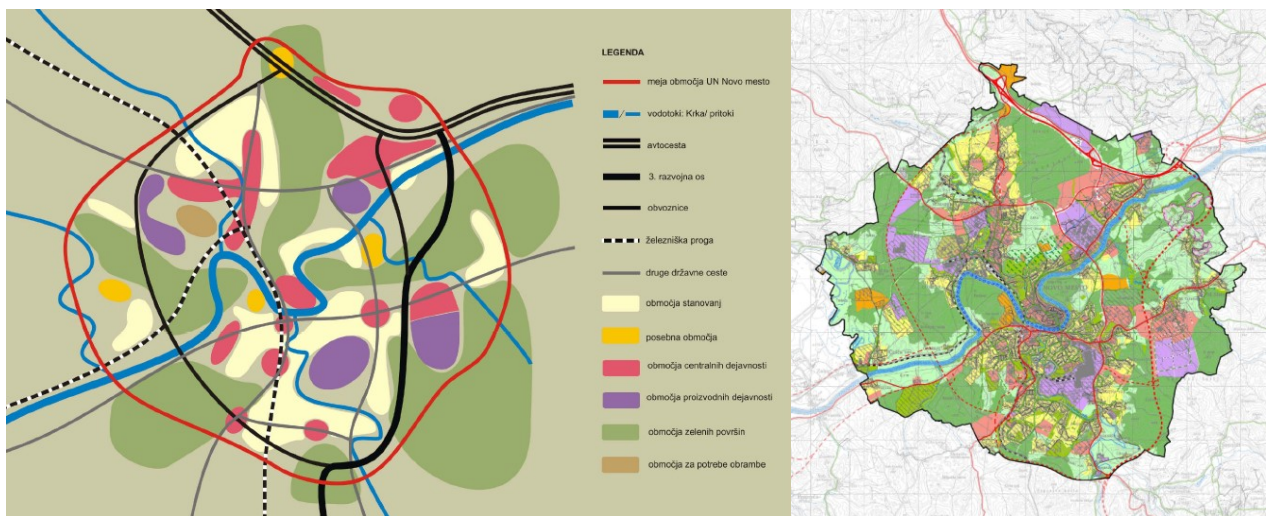


**Figure 1. Elements of low carbon scenarios**  
Source: (Gulič, A., 2018)

Elements of scenarios differ as follows.

- Belt highway:
  - Complete belt highway: 3<sup>rd</sup> development axis – south and west bypass.
  - Partial belt highway: 3<sup>rd</sup> development axis – south.
- Railway:
  - Modernized network of (sub)urban transport by train, including new stations.
  - Existing network of (sub)urban transport by train, without new stations.
- Bus:
  - Modernized network of urban and suburban bus transport.
  - Existing network of urban and suburban bus transport.

Elements of the low carbon scenarios were identified for the City Municipality of Novo mesto urban plan area with border sites attractive for different types of land use (commercial, institutional, residential, recreational, industrial, mixed, transport) (see the Figure 2 below). The time frame of the low carbon scenarios is the year 2030.

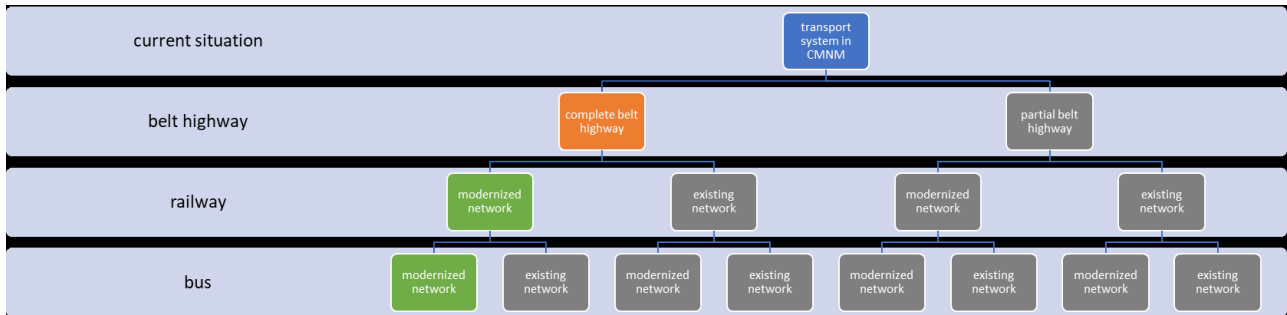


**Figure 2. Elements of low carbon scenarios**  
Source: (MONM OPN, 2009)

### 3.2 Low carbon scenarios

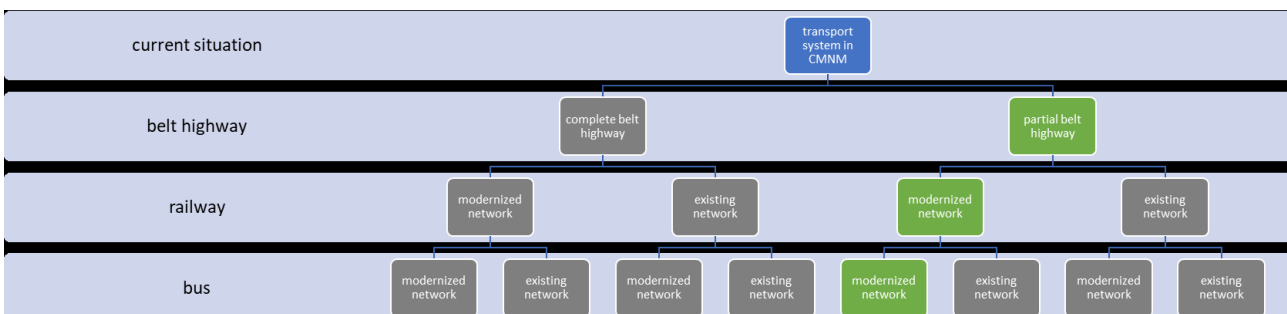
In scenario building process, four scenarios were identified. In the following, their most important characteristics are briefly presented

Low carbon scenario 1. The scenario is based on construction of a complete motorway belt around the urban area of Novo mesto, modernization of (sub)urban railway network which includes new railway stations and modernization of the urban and suburban bus networks.



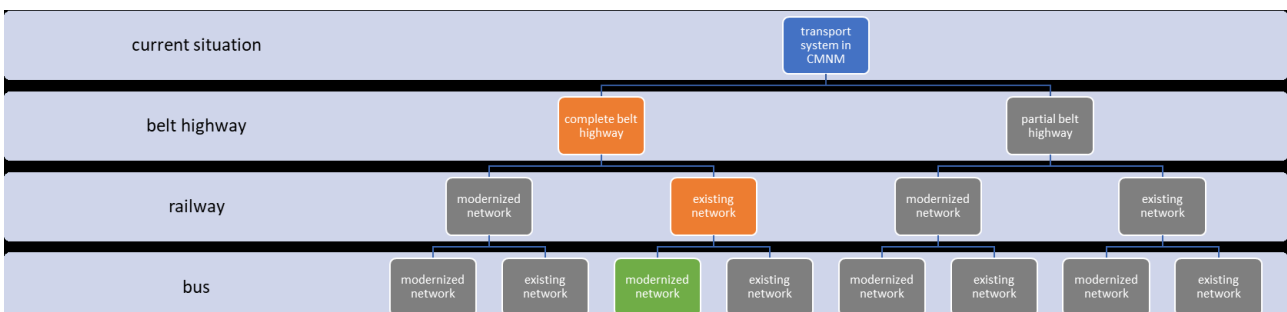
**Figure 3.** Low carbon scenario 1  
Source: (Gulič, A., 2018)

Low carbon scenario 2. The scenario is based on construction of a partial motorway belt around the urban area of Novo mesto, modernization of (sub)urban railway network which includes new railway stations and modernization of urban and suburban bus network.



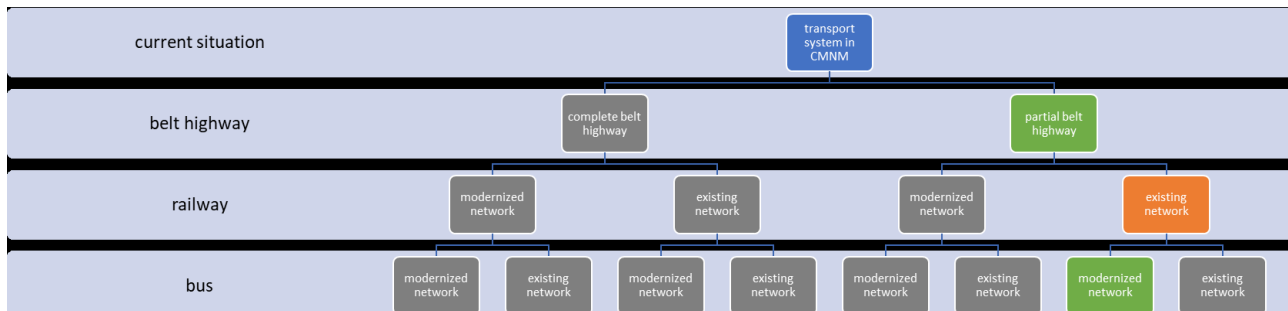
**Figure 4.** Low carbon scenario 2  
Source: (Gulič, A., 2018)

Low carbon scenario 3. The scenario is based on construction of a complete motorway belt around the urban area of Novo mesto, existing (sub)urban railway network without construction of new railway stations and modernization of urban and suburban bus network.



**Figure 5.** Low carbon scenario 3  
Source: (Gulič, A., 2018)

Low carbon scenario 4. The scenario is based on construction of a partial motorway belt around the urban area of Novo mesto, existing (sub)urban railway network without construction of new railway stations and modernization of urban and suburban bus network.



**Figure 6.** Low carbon scenario 4

Source: (Gulič, A., 2018)

Local stakeholders chose Low carbon scenario 1 as the most appropriate one because it is to the highest possible degree aligned with the valid development documents of the municipality and would, at the same time, seem to best reflect the long-term development interests in sustainable mobility and spatial development issues (look Figure 2).

Based on a stakeholder proposal, attributes were defined for the selected scenario, highlighting the substantive issues that are of importance for promoting sustainable mobility and spatial development in the municipality. These attributes are as follows: the rolling stock, a well-provisioned city (with economic public infrastructure), inhabitants in the well-provisioned city, extra-urban settlements, public passenger transport, the railway and public roads. Each attribute of the scenario was then described by the following constituents: components of the attribute, the current situation, the planned target situation in the valid development documents of the municipality and the desired target state. Because in the article we do not have enough space, we do not present the desired target state by individual attributes.

#### 4. STRATEGY FOR LOW CARBON MOBILITY AND TRANSPORT

The proposal for a strategy for low carbon mobility and transport in the City Municipality of Novo mesto was based on the selected low-carbon scenario 1, in the preparation of which the representatives of the municipality actively participated. The proposed strategic objectives, activities, sub-activities and measures are closely related to the elements of the selected scenario and are - in terms of content - focused on realizing the desired target state. The proposed measures are to the greatest extent possible related to the measures of the valid Integrated Transport Strategy of the City of Novo mesto (MONM CPS, 2017).

##### Strategy for low carbon mobility and transport

In the year 2030, in the City Municipality of Novo mesto green and healthy sustainable mobility is implemented. Passenger cars and public transport vehicles fleets have been modernized, the equipping of the city with the current and new generation of public economic infrastructure - especially within the city bypass area - has been improved. The conditions for high quality living of the inhabitants in the equipped city are established, and at the same time important extra-urban settlements are attractive for the residence too. Public passenger transport is well developed and compliant with applicable social and technical standards. The city railway performs an important function of one of the basic backbones of public transport. Road infrastructure is up-to-date and upgraded, enabling quick and more environmentally friendly mobility. When designing and implementing spatial development and mobility, choices that contribute to reducing greenhouse gas emissions are preferred.

The strategy defines the following strategic objectives:

1. An updated fleet of passenger cars and public transport vehicles.
2. A well-provisioned city (with economic public infrastructure).
3. Established conditions for a high-quality living of inhabitants in the well-provisioned city.
4. More important extra-urban settlements are revived.

5. Highly developed public passenger transport.
6. Well-functioning urban rail passenger services.
7. Updated existing and built new road infrastructure.
8. Monitoring the movement of greenhouse gas emissions related to mobility and spatial development decisions is established.

For every strategic objective precise activities and sub-activities has been defined, but due to the limited space of the article, we are not going to present them.

Following the definition of activities and sub-activities, we also identified the selected risk factors in spatial development, the effects of risk factors in spatial development on the mobility of the population, the management of risks and the effects of managed risk factors on the mobility of the population in the City Municipality of Novo mesto. The same we did for the risk factors in the field of mobility. Below two selected risk factor in spatial development are presented in Table 1 and two of them in mobility in Table 2.

**Table 1. Risks factors in spatial development, their impacts on mobility and opportunities to manage them**

Risks factors in spatial development, their impacts on mobility and opportunities to manage them			
Risk factors in spatial development	Impacts of risk factors in spatial development on population mobility	Management of risk factors in spatial development	Impacts of the managed risk factors in spatial development on the mobility of the population
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dispersion of individual housing construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Increasing of the length and frequency of trips with personal vehicles</li> <li>– Reducing the potential for the development and operation of efficient public transport</li> <li>– Reducing the potential for effective use of non-motorized forms of movement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Planning and implementation of land use, directing individual housing construction into regulatory areas of settlements with an emphasis on the renovation of an existing housing stock</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reducing the length and frequency of passenger car travel compared to the areas of dispersed construction</li> <li>– Increasing the potential for efficient use of public transport</li> <li>– Increasing the possibilities for effective use of non-motorized forms of movement</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lack of investment in raising the quality of the living environment of older residential areas that, due to the absence of quality supply and service activities and inadequate urban equipment, are unattractive for residence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Increasing the length and frequency of travel by passenger cars to more remote areas of supply and service activities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Renovation of existing and construction of new residential areas with a quality offer of multifunctional supply and service activities and modern urban equipment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Relatively predictable changes or the preservation of the length and frequency of travel by personal vehicles</li> <li>– Increasing the opportunities for efficient use of public transport</li> <li>– Increasing the possibilities for effective use of non-motorized forms of movement</li> </ul>

Source: (Gulič, A., 2018)

**Table 2.** Risks factors in mobility, their impacts on spatial development and opportunities to manage them

Risk factors in mobility, risk management and impacts on spatial development in the City Municipality of Novo mesto			
Risk factors in mobility and transport	Impacts of risk factors in mobility and transport on spatial development	Management of risk factors in mobility and transport	Impacts of the managed risk factors in mobility and transport on spatial development
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Poor accessibility to some residential areas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reducing the attractiveness of a residential areas for living</li> <li>– Lower prices of land and real estate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Improving the accessibility of residential areas through sustainable travel modes (improved quality of public transport and possibilities for non-motorized forms of movement)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Improving functional, technical, urban design, living and environmental conditions and the image of the residential area</li> <li>– Higher prices of land and real estate</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Poor accessibility to the locations of supply activities (retail shops / shopping centres)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reduced attractiveness of the locations of supply activities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Improving the accessibility of the locations of supply activities by linking to different types of public transport (city bus, city train, urban cableway) and non-motorized forms of movement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Improving the location attractiveness of the areas of supply activities (immediate proximity or quality accessibility to the locations of supply activities are key factors that influence consumer choice)</li> </ul>

*Source: (Gulič, A., 2018)*

Defined activities and sub-activities on one side, and the identified risk factors in spatial development and mobility and their impacts and potential solutions on the other side, served as a basis for the preparation of the low-carbon action plan. For each defined key measure, three consecutive and interlinked time periods of its gradual implementation were defined by 2030.

## 5. CONCLUSIONS

Project ASTUS have helped the City Municipality of Novo mesto with new insights and knowledge in the field of resolving joint problems of spatial development and transport mobility at the local level. Furthermore, it contributed to the integration and upgrading of existing development documents for preparation of the long-term low-carbon strategy and action plan. At the same time local strategies and action plans were prepared also for the other pilot areas and represent the basis for developing the transnational conclusions and recommendations at the level of the whole Alpine Space Programme area. Of course, this approach could be successfully implemented also in other areas who are facing similar problems.

## Literature

- [1] MONM CPS. 2017. Celostna prometna strategija Mestne občine Novo mesto. Enostavne poti do živahnih središč = Integrated Transport Strategy of the City Municipality of Novo mesto. Easy routes to lively centres. Novo mesto.
- [2] MONM OPN. 2009. Odlok o občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Novo mesto = Municipal Spatial Plan of the City Municipality of Novo mesto. Novo mesto.
- [3] MONM SR. 2018. Strategija razvoja Mestne občine Novo mesto do leta 2030 = Development Strategy of the City of Novo mesto until the year 2030. Novo mesto.
- [4] MONM TUS. 2015. Trajnostna urbana strategija Novo mesto 2030 = Sustainable Urban Strategy for Novo mesto 2030. Novo mesto.
- [5] UIRS. 2019. Opis izbranega nizkoogljivega scenarija trajnostne mobilnosti in prostorskega razvoja v Mestni občini Novo mesto = Description of the selected low-carbon scenario of sustainable mobility and spatial development in the City Municipality of Novo mesto. Urbanistični inštitut Republike Slovenije. Ljubljana.



## OPCIONE ANALIZE UZ IDEJNI PROJEKAT AUTOPUTA E80 NIŠ-PLOČNIK

Tomislav Milićević, dipl.građ.inž  
CESTRA d.o.o. Beograd

**Rezime:** Kao faza u izradi tehničke dokumentacije u kojoj je moguće ispitivati i varijantisati svim elementima pa i samom trasom, Idejni projekat predstavlja veoma značajan korak u planiranju i projektovanju jednog kapitalnog infrastrukturnog objekta kakav je auto-put. Ta ispitivanja i varijante služe da se objekat što bolje uklopi i očuva prostor kroz koji prolazi. Investitori ili potencijalni zajmodavci takvih objekata aktivno su uključeni u sve faze izrade tehničke dokumentacije i projektnim zadatkom definišu posebne mere koje put mora da zadovolji sa stanovišta bezbednosti i uticaja na životnu sredinu i stanovništvo. Izveštaji koji se bave ovom problematikom deo su Studije opravdanosti kao prateće studije Idejnog projekta. Jedan deo tih izveštaja predstavljaju Opcione analize čiji su predmet delovi projekta gde je potrebno dodatno ispitati mogućnosti i varijante pre usvajanja određenog tehničkog rešenja na trasi. U ovom radu biće prikazan proces ispitivanja položaja trase u fazi Idejnog projekta, u zoni arheološkog lokaliteta Pločnik blizu Kuršumljije.

**Ključne reči:** idejni projekat, auto-put, uticaj na životnu sredinu i stanovništvo, opcione analize.

## OPTION ANALYSIS AS PART OF E80 NIŠ-PLOČNIK HIGHWAY PRELIMINARY DESIGN

Tomislav Milićević, dipl.građ.inž  
CESTRA Ltd Belgrade

**Abstract:** As a phase in technical documentation preparation in which it is possible to examine geometry and elements along the alignment, Preliminary Design is a very important step in planning and design of a major infrastructure facility such as motorway. These analysis serve to preserve the surrounding area of motorway as much as possible. Investors or potential lenders of such facilities are actively involved in all phases of technical documentation development and define the specific tasks that road must satisfy from the safety point of view and also to minimize environmental and social impact. Reports dealing with this issue are part of the Feasibility Study as an accompanying study of the Preliminary Design. One part of these reports is the Option Analysis, in which additional options and variants need to be explored before adopting a particular technical solution along the alignment. In this paper, the process of setting motorway alignment around the archeological site Pločnik, near Kuršumljija, at the Preliminary Design stage, will be presented.

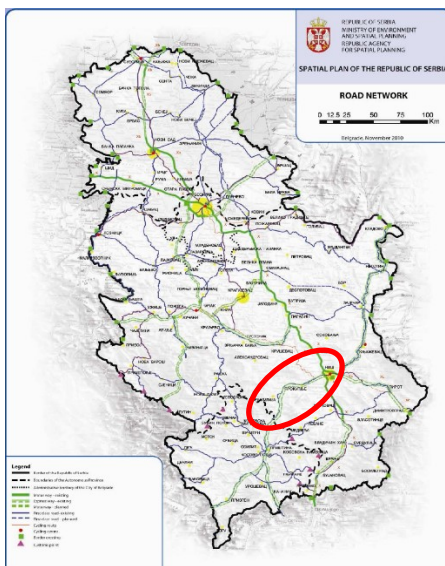
**Keywords:** preliminary design, motorway, environmental and social impact, option analysis.

### 1. UVOD

Koridor autoputa Niš - Merdare se nalazi u jugozapadnoj Srbiji i deo je veze između centralne Srbije i Kosova. Deo je SEETO Rute 7, koja povezuje Niš i Prištinu, ali takođe predstavlja glavnu vezu između Koridora X i Rute 6 (Skoplje - Priština) i Rute 2b (Sarajevo - Podgorica - Vlora). Ruta 7 je deo Evropskog puta E-80, prema klasifikaciji Evropskog sporazuma o Glavnim međunarodnim saobraćajnim pravcima, i stoga pripada Transevropskoj mreži autoputeva (TEM). Uredbom o kategorizaciji državnih puteva, u okviru srpske mreže ova deonica je klasifikovana kao državni put IB reda oznaka 35: Niš-Merošina-Prokuplje-Kuršumljija-Podujevo-Priština i dalje ka Albaniji. U važećem Prostornom planu Srbije 2012-2020, ova trasa je označena kao novi planirani autoput. Deo do naselja Pločnik predstavlja njegovih prvih 40 km.

U širem geografskom smislu istraživana oblast pripada području južne Srbije- Južnog Pomoravlja, odnosno Topličkom okrugu. Područjem istraživanja dominiraju doline, kotline i klisure reka Toplice i Kosanice. Istražni prostor obuhvata i obodne delove pobrđa planina: Velikog Jastreba, Seličevice, Radan planine i južnih obronaka Kopaonika. Na slici ispod (**Slika 1**) prikazano je predmetno područje na mapi Prostornog plana Republike Srbije.





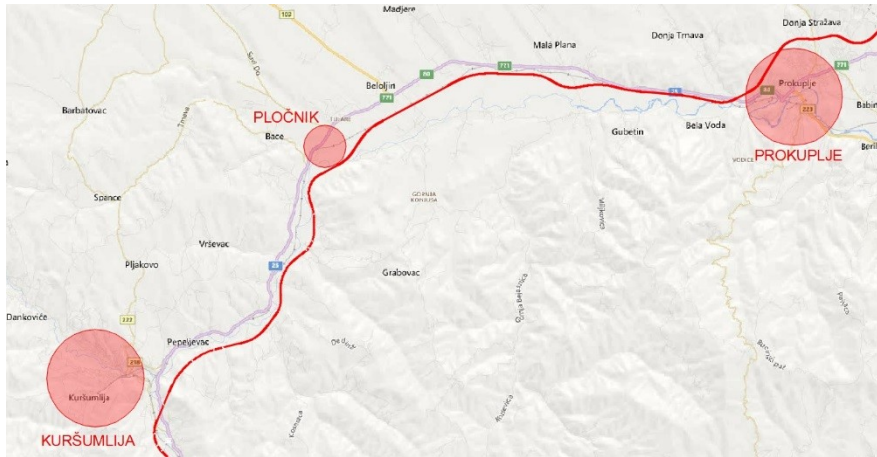
**Slika 1.** Položaj koridora na mapi Prostornog plana R.Srbije

(Izvor, Prostorni plan R.Srbije)

## 2. CILJEVI PROJEKTA

U sklopu Generalnog projekta (GP) predmetne trase kao i u sklopu analiza i studija koje su rađene paralelno sa Generalnim projektom, sagledane su sve potencijalne kolizije nove trase autoputa sa zaštićenim prirodnim dobrima i spomenicima kulture u toj oblasti. Predložene su mere zaštite kao i preporuke šta treba preduzeti u daljim fazama izrade tehničke dokumentacije, kroz projekat, studije i elaborate. Ipak, nivo detaljnosti obrade tehničkih elemenata trase u fazi Generalnog projekta, nije dovoljno visok da može da sagleda mikro odnose projektovane trase i njenih konačnih gabarita sa određenim zonama zaštite. Prirodna i stvorena ograničenja duž trase nisu dovoljno detaljno pozicionirana a i sama trasa, sa svim svojim elementima u poprečnom profilu, nije dovoljno definisana. Sve ovo, naravno, detaljnije se razrađuje u narednim fazama izrade tehničke dokumentacije.

Idejni projekat (IP) novog autoputa od Niša (denivelisana raskrsnica „Merošina“ na E75) do naselja Pločnik (mesto 8 km ispred Kuršumlje) izrađen je u skladu sa planskim dokumentima tog područja i zasnovan je na nalazima i preporukama Prethodne studije opravdanosti i Generalnog projekta autoputa. Zajedno sa Idejnim projektom, kao njegove prateće studije, izrađene su Studija opravdanosti (SO) kao i Studija o proceni uticaja na životnu sredinu (SPUŽS). Za potrebe izrade IP kao i SPUŽS, pored ostalih podataka o samoj trasi i okolnim ograničenjima, kao ulazni podatak korišćen je i elaborat „Zone zaštite, mere zaštite i uslovi čuvanja i korišćenja kulturnog nasleđa i istorijskog pejzaža“ duž autoputa Niš-Pločnik, izdat od strane Republičkog zavoda za zaštitu spomenika Beograd (u daljem tekstu Zavod). U ovom dokumentu, označeno je nekoliko značajnih zona zaštite kulturnog nasleđa duž projektovane trase autoputa koje su podeljene u zavisnosti od prioriteta i nivoa zaštite. Posebno je istaknuta jedna od njih, sa najvišim nivoom zaštite. To je arheološko nalazište Pločnik kod Kuršumlje. Na slici ispod (**Slika 2**) prikazana trasa planiranog autoputa i njen položaj u odnosu na obližnja naselja.



**Slika 2.** Lokacija naselja Pločnik sa prikazom planiranog autoputa (crveno)

(Izvor, Cestra d.o.o.)

## 2.1. Opis zone pod zaštitom

Pločnik je arheološki lokalitet vinčanske kulture u istoimenom selu, kraj obale reke Toplice, nedaleko od Prokuplja, oko 12 km od Kuršumlije. Kompleks arheološkog naselja Pločnik je iz mlađeg kamenog doba, koje je postojalo od 5500. do 4700. godine p.n.e. Pripada vinčanskoj kulturi, koja je cvetala od 5500 do 4000 p.n.e na teritorijama današnje Bosne, Srbije, Rumunije i Makedonije. Arheološko nalazište Pločnik je zauzimalo površinu od 120 hektara, koju je činilo nekoliko celina, ograničenih sa tri strane vodotokovima reka. Njegovi neimenovani stanovnici su se bavili poljoprivredom, rukotvorinama, umetnošću i metalurgijom, a osnovni materijal za izradu oruđa je bio kamen. Stanovnici Pločnika su poštovali lepotu i izradili su 60 raznovrsnih oblika predivne keramike i figurina, ne samo za upotrebu, već takođe za zabavu i užitak. U sklopu arheološkog nalazišta Pločnik je pronađeno dosta keramičkih posuda, ali i predmeta i oruđa izrađenih od kamena i bakra. [1].

Tokom izrade Idejnog projekta i Studije uticaja na životnu sredinu, projektni tim obišao je sve lokalitete duž trase, pa tako i nalazište Pločnik, kako bi se na terenu što bolje upoznao sa ograničenjima u planiranju i projektovanju i merama zaštite koje je potrebno primeniti kako bi se lokacije očuvale sa nikakvim ili minimalnim negativnim uticajem buduće trase autoputa. Na slici ispod (**Slika 3**) je prikazana lokacija tokom obilaska terena od strane proejktnog tima Cestra d.o.o.



**Slika 3.** Obilazak terena - lokalitet Pločnik

(Izvor, Cestra d.o.o.)

U fazi izrade GP Konsultant je na raspolaganju imao mapu lokaliteta pod zaštitom koji u tom trenutku nisu bili definisani analitički, koordinatama i parcelama, već samo opisno. Trasa projektovana u GP trudila se da gde god je moguće daleko izbegne takve vrste lokaliteta, pa je to bio slučaj i sa lokalitetom Pločnik. Međutim, kada se u IP pristupilo detaljnijoj razradi trase, od Zavoda je tražena i dobijena mapa lokaliteta Pločnik sa pobrojanim parcelama pod zaštitom i njihovim katastarskim planom u odgovarajućim koordinatama. Podloga je preklapljena sa podlogama koje su korišćene za izradu IP i došlo se do zaključka da u određenim delovima projektovana trasa prolazi obodom zone koja je pod zaštitom.

Na sledećoj slici (**Slika 4**) prikazan je odnos zaštićene zone i inicijalne varijante trase autoputa.



**Slika 4.** Odnos zaštićene zone i projektovane trase – varijanta 1

(Izvor, Cestra d.o.o.)

### 2.1.1. Cilj analize

Grafička analiza projektovane trase i njene kolizije sa zonom zaštite, pokazala je da je deo kroz koji trasa prolazi daleko od samog restauriranog naselja odnosno kuća. Ipak, iz priloženih dokumenata i usmenih pojašnjenja arheologa, moglo se zaključiti da je čitava ta zona potencijalno nalazište dragocenih iskopina, oruđa i predmeta. Posle sastanka sa Zavodom i dodatnog objašnjenja položaja trase, dobijeno je mišljenje u kome se precizira da će Zavod odobriti predloženu trasu nakon izvršenih dodatnih istraživanja i pod uslovom da na tom delu trase ne postoje arheološki pronalasci koji bi se morali zadržati na svom mestu. Ovako nešto bi podrazumevalo kašnjenje u fazi izvođenja, a pre toga i rizik od preprojektovanja trase u odmakloj fazi izrade tehničke dokumentacije. Sve strane na projektu usaglasile su se da je potrebno pristupiti dodatnim analizama trase na tome delu. Kako je u pitanju Idejni projekat, i imajući sve ovo u vidu, Konsultant je odlučio da razradi varijantu sa izmeštanjem trase da bi u potpunosti izbegao svaku moguću koliziju sa arheološkim nalazištem i zaštićenom zonom.

### 2.1.2. Predloženo alternativno rešenje

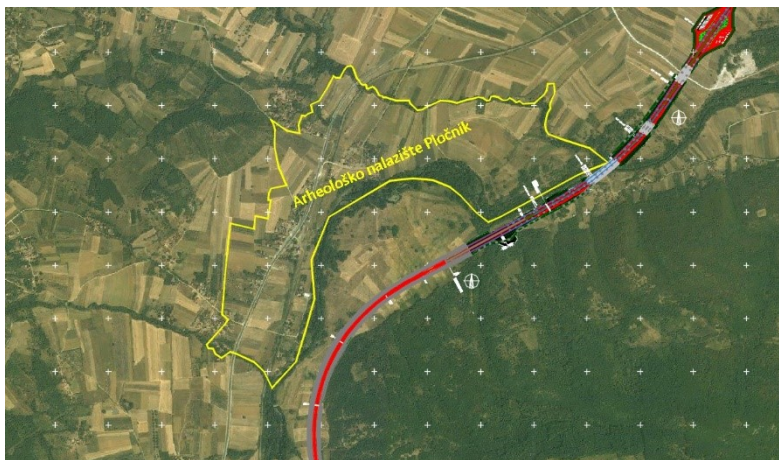
Zasnovano na prethodno pomenutim razmatranjima, pripremljeno je situaciono izmeštanje trase, po obodu odnosno van zaštićene zone, i kao takvo poslato geodetskim i geotehničkim inženjerima radi dodatnog snimanja topografije, kao i radi dodatnih terenskih istraživanja i izvođenja geotehničkih istražnih radova. Nakon što je primljena dopuna geodetske podloge, u zoni izmeštanja, Konsultant je pripremio i prvu niveletu autoputa a onda i model izmeštene trase, kako bi se stekao utisak o prostornom odnosu gabarita autoputa i tačnim granicama zone zaštite arheološkog nalazišta. Zbog ne baš fleksibilne geometrije autoputa (minimalni radijus od 800m za računsku brzinu 130km/h) situaciona promena trase zahvatila je zonu od km 36+400 do 39+400 u ukupnoj dužini od oko 3km. Na slici ispod (**Slika 5**) može se videti izmenjena varijanta trase autoputa i njen prostorni odnos



**Slika 5.** Odnos zaštićene zone i projektovane trase posle izmeštanja – varijanta 2

(Izvor, Cestra d.o.o.)

U toku projektovanja nove nivelete most preko reke Toplice je produžen zbog male hidroelektrane koja je blizu tog područja i kolizije sa njenim derivacionim kanalom koji se uliva u korito reke Toplice. Most je projektovan na dovoljnoj dužini da svojim rasponima pređe i preko reke i preko pomenutog kanala. Na taj način zadržano je postojeće stanje na toj mikro lokaciji. Slika 6 prikazuje konačni položaj trase autoputa, u zoni arheološkog nalazišta Pločnik, sa svim pratećim elementima.



**Slika 6.** Konačni položaj projektovane trase

(Izvor, Cestra d.o.o.)

### 3. ZAKLJUČAK

Analiza prostornog položaja saobraćajnice i njenog odnosa sa zonama kroz koje prolazi, u ranim fazama projektovanja, pokušaj je da se dođe do trase koja ima najmanje negativnih uticaja na životnu sredinu, naselja, zaštićene zone itd. Opcionim analizama kroz Idejni projekat autoputa E80 Niš-Pločnik, trasa je korigovana na način da se izbegne eventualna kolizija sa istražnim zonama arheološkog nalazišta Pločnik kod Kuršumlije. Sve zainteresovane strane na projektu odobrile su ovakvu odluku, implementiranu nadalje kroz Idejni projekat ali i kroz Studiju o proceni uticaja na životnu sredinu i Studiju opravdanosti autoputa.

## Literatura

- **IDEJNI PROJEKAT:**  
2018. *Idejni projekat i Studija opravdanosti sa Studijom o proceni uticaja na životnu sredinu* CESTRA d.o.o. Beograd
- **INTERNET:**  
[1] „Pločnik arheološko nalazište“:  
<http://www.panacomp.net/plocnik-arheolosko-nalaziste/>

# SISTEM ZA KOČENJE KAO IZVOR ČESTICA NA VOZILU

Saša Vasiljević<sup>1</sup>, Jasna Glišović<sup>2</sup>, Nadica Stojanović<sup>3</sup>, Ivan Grujić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac, [vasiljevic.sasa036@gmail.com](mailto:vasiljevic.sasa036@gmail.com)

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, [jaca@kg.ac.rs](mailto:jaca@kg.ac.rs)

<sup>3</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, [nadica.stojanovic@kg.ac.rs](mailto:nadica.stojanovic@kg.ac.rs)

<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, [ivan.grujic@kg.ac.rs](mailto:ivan.grujic@kg.ac.rs)

**Rezime:** Habanje različitih elemenata i delova na vozilu može biti značajan izvor čestica koje vozilo emituje u okruženje. Najveći izvor čestica je do skoro bio motor, međutim svojom opremom motor je postao jedan od manjih zagađivača. Jedan od značajnih izvora čestica na vozilu jeste sistem za kočenje. Sistem za kočenje na nekim vozilima predstavlja najveći i najznačajniji izvor čestica i to su uglavnom vozila koja ne poseduju motore sa unutrašnjim sagorevanjem, već elektromotore (električna vozila) ili kod hibridnih vozila. Cilj ovog rada jeste da, na osnovu dostupne literature i istraživanja drugih autora, da pregled rezultata dobijenih istraživanjem uticaja kočnica na stvaranje čestica različitih prečnika, kao i uslova pod kojima je izvršena ta analiza veličine i načina nastanka čestica od strane sistema za kočenje. Koristi ovog rada su i to da se na osnovu dobijenih rezultata uporede rezultati koji će biti dobijeni u različitim ispitivanjima nastanka čestica od strane kočnica, ali i da se razviju nove ideje i mogućnosti za ispitivanje uticaja kočnica ili frikcionih elemenata kočnica. Bilo kako bilo, danas kočnice na vozilima predstavljaju značajan izvor čestica, pa bi se u budućnosti broj stvorenih čestica mogao smanjiti primenom savremenih materijala, ali isto tako i bi se mogli uvesti i zakonski propisi koji su vezani za non-exhaust čestice koje nastaju od strane kočnica.

**Ključne reči:** Sistem, kočenje, izvor, čestice, vozilo.

## BRAKING SYSTEM AS A SOURCE OF PARTICLES ON VEHICLE

Saša Vasiljević<sup>2</sup>, Jasna Glišović<sup>2</sup>, Nadica Stojanović<sup>3</sup>, Ivan Grujić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Technical College of Applied Studies Kragujevac, [vasiljevic.sasa036@gmail.com](mailto:vasiljevic.sasa036@gmail.com)

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Engineering, [jaca@kg.ac.rs](mailto:jaca@kg.ac.rs)

<sup>3</sup>University of Kragujevac, Faculty of Engineering, [nadica.stojanovic@kg.ac.rs](mailto:nadica.stojanovic@kg.ac.rs)

<sup>4</sup>University of Kragujevac, Faculty of Engineering, [ivan.grujic@kg.ac.rs](mailto:ivan.grujic@kg.ac.rs)

**Abstract:** Wear of various elements and parts of a vehicle can be a significant source of particles that the vehicle emits into the environment. The largest source of particles, until recently, was the engine, but with its equipment, the engine became one of the smaller pollutants. One of the important sources of particles on the vehicle is a braking system. The braking system on some vehicles is the largest and most important source of particles, and these are mainly vehicles that do not have internal combustion engines, but electric motors (electric vehicles) or hybrid vehicles. The aim of this paper is to, based on available literature and research by other authors, to review the results obtained by investigating the influence of brakes on the generation of particles of different diameters, as well as the conditions under which this analysis of the size and method of the particles formed from the braking system has been carried out. The benefits of this paper are that based on the obtained results, we can compare the results that will be obtained in the various investigations of the formation of particles by the brakes, and also to develop new ideas and possibilities for testing the influence of brakes or friction brake elements. Either way, today brakes on vehicles represent a significant source of particles, so in the future, the number of particles created could be reduced using the modern materials, but it would also be possible to introduce legal regulations related to non-exhaust particles produced by brake.

**Keywords:** System, braking, source, particles, vehicle.

### 1. UVOD

Razvoj industrije i način života savremenog čoveka danas, pored niza različitih efekata koje može imati, poseduje i negativan uticaj na ekologiju i na životnu sredinu. Primena savremenih fosilnih goriva, ali i različitih tehnologija, može biti jedan od glavnih uzročnika stvaranja različitih materija koje imaju negativan uticaj na čoveka i životnu sredinu. Naravno, danas nije moguće zamisliti savremeni život bez korišćenja savremenih sredstava koja omogućuju veći životni standard čoveka, poput vozila ili savremeni život bez rada u različitim fabrikama, odnosno u industrijskim postrojenjima. Svakako, obe kategorije imaju povećan uticaj na stvaranje različitih materija koje negativno utiču kako na čoveka, tako i na životnu sredinu. Pored velikog

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: [vasiljevic.sasa036@gmail.com](mailto:vasiljevic.sasa036@gmail.com)

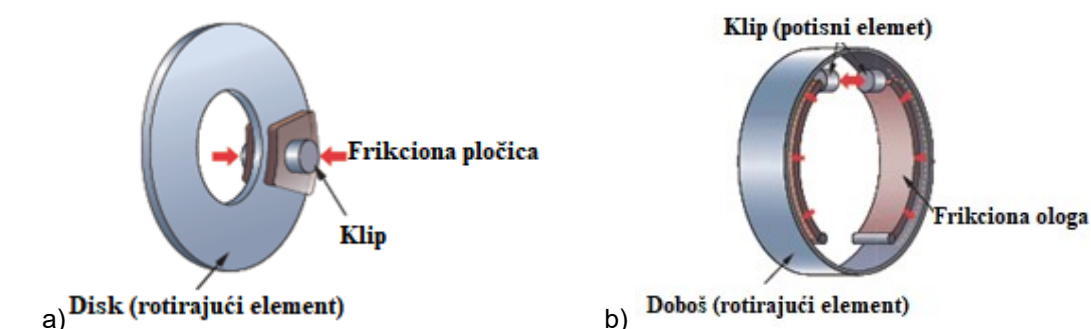
broja različitih načina zagađenja vazduha, ali i negativnog uticaja na čoveka, postoji i veliki broj materija koje nastaju od strane tih izvora. Jedna od takvih materija su i čestice koje su poznatije pod skraćenicom PM (eng. Particulate Matter). Ovakve čestice mogu predstavljati veliku opasnost po smanjenje kvaliteta vazduha, učiniti vazduh zagađenim različitim materijama koje su u sastavu čestica, a neretko su metali. Čestice (u nastavku PM čestice) su sitne čestice prečnika od 10  $\mu\text{m}$  ili manje, koje imaju mogućnost slobodnog kretanja u atmosferu. Uticaj na zdravlje ljudi zavisi prvenstveno od veličine čestice. Najčešća merenja jesu merenja čestica prečnika od 10  $\mu\text{m}$  i takve čestice su poznatije pod oznakom PM10. Sa druge strane, merenje se takođe vrši i za manje čestice koje imaju prečnik od 2,5  $\mu\text{m}$  ili manje i takve čestice se označavaju kao PM2,5. Iz prethodno prikazanog, može se zaključiti da u zavisnosti od njihovog prečnika nose oznaku u indeksu koji označava veličinu ovih čestica. Čestice manjeg prečnika nose sa sobom štetniji efekat na zdravlje ljudi.

Kada je reč o vozilu kao izvoru nastanka čestica, one mogu nastati na dva načina, i to sagorevanjem goriva u motoru SUS i habanjem različitih elemenata na vozilu koji su u međusobnom kontaktu. Takvo habanje može svakako uticati na zagađenje vazduha. Stvaranjem materija koje mogu biti izuzetno opasne po čoveka, ali i njihovo zagrevanje, može takođe imati znatan uticaj na celokupan eko-sistem, pogotovo u blizini puteva. Naravno te čestice se kasnije mogu prenositi dalje, kako vetrom, tako i padavinama ili ponovnim podizanjem u atmosferu dejstvom vrtloženja vazduha usled prolaska vozila.

U ovom radu je izvršena analiza sistema za kočenje kao jednog od zagađivača na vozilu koji svakako predstavlja značajan izvor čestica, kako PM10, tako i čestica PM2,5. Cilj rada je da na osnovu dostupne literature prikažu rezultati istraživanja koja su sprovedena od strane različitih autora, a koji ukazuju na značaj daljih istraživanja u ovoj oblasti sa ciljem smanjenja koncentracije čestica koje nastaju habanjem kočnica, kao jednog od emitera.

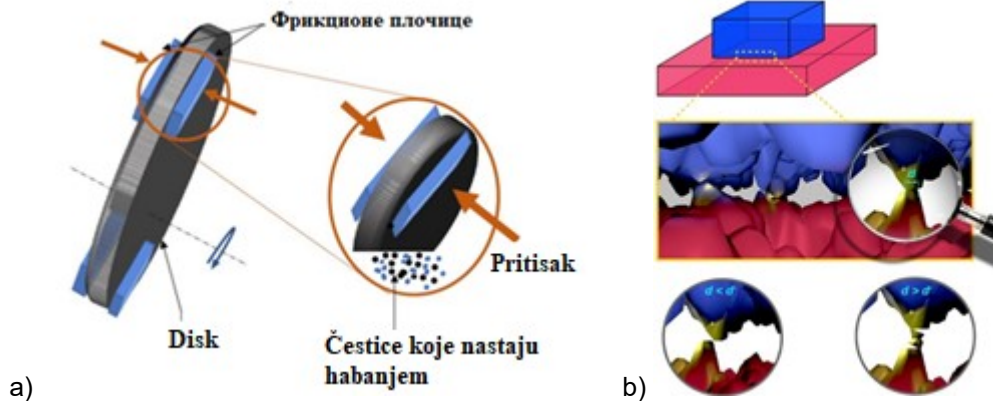
## 2. NAČIN NASTANKA ČESTICA OD STRANE KOČNICA

Habanje svakog elementa na vozilu može imati efekte koji mogu negativno uticati na životnu sredinu. Problem frikcionih kočnica uglavnom se vezuje samo za povećanje temperature i za zagrevanje samih kočnica, odnosno frikcionih pločica. Međutim, habanje kočnica ima još jedan jako negativan efekat na životnu sredinu, a to je stvaranje čestica koje kasnije mogu dospeti kako u prirodu (reke, zemljište, ...), tako i u ljudski organizam. Ove čestice mogu sadržati različite materije koje itekako mogu biti štetne za čoveka i njegovo zdravlje. U osnovi proces habanja frikcionih pločica i rotirajućeg elementa, koji zavisi od tipa kočnice (doboš ili disk), dovodi do stvaranja čestica. Razlog tome jeste što su te dve površine u međusobnom kontaktu. Prikaz dva različita tipa kočnica je dat na slici 1, ali fokus u ovom radu će biti na disk kočnicama.



Izvor: (Vasiljević i ost., 2019)

Proces habanja frikcionih pločica, ali ujedno i diska kočnice je najlakše objasniti praćenjem slike 2. Na slici je predstavljen jedan uprošćeni kočni mehanizam, odnosno konkretno proces kočenja i kontakt diska i frikcionih pločica. Uočljivo je sa ovog grafičkog prikaza da čestice nastaju kako habanjem diska, tako i habanjem frikcionih pločica. Proces habanja je istovremeno i proces stvaranja čestica, tako da do stvaranja čestica dolazi u trenucima kada je vozilo u procesu kočenja (prikazano na slici 2a). Tom prilikom nastaju čestice različitih prečnika. Razlog zbog koga dolazi do habanja frikcionih površina je prikazan na slici 2b. Mikroskopskim ispitivanjem frikcionih površina se može uočiti da su te površine grube i uvek postoje delovi koji se međusobno „lome“ kada dođu u kontakt jedna sa drugom, pa na taj način nastaju čestice kao produkti habanja.

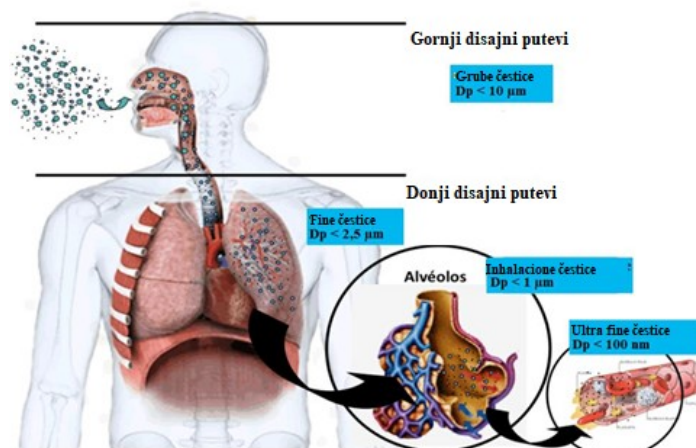


**Slika 2.** Proces kočenja i habanja kočnica  
Izvor: (Balaji i ost., 2018, Fleischman, 2016)

Problem svakako u slučaju kočnica jeste taj što frikcionni materijali imaju u sebi različite materijale koji sami po sebi mogu biti jako opasni jer se neretko radi o metalima. Takve čestice često dospevaju u čovekov organizam pogotovo u gradovima gde se direktno oslobađaju u vazduhu i direktno udišu.

### 3. UTICAJ ČESTICA NA ZDRAVLJE LJUDI

Sve čestice koje su manje od  $10\ \mu\text{m}$  se smatraju opasnim po čoveka, odnosno po disajne organe. Tako male čestice imaju tendenciju da se zadrže u alveolama čoveka. Slika 3 prikazuje neke od organa do kojih najčešće čestice mogu dospeti u ljudskom organizmu [5]. 99% čestica u vazduhu koje se udahnu se eliminišu iz organizma momentalno tokom izdaha, jer se uglavnom zadrže u gornjim delovima respiratornog trakta. Preostalih 1% čestica se zadržava u organizmu, dolaze do dušnika i dalje sve do pluća. U čestice koje su opasne po disajne organe tj. koje imaju tendenciju da dopru u čoveka, se ubrajaju one koje su manje od  $10\ \mu\text{m}$ . Čestice ove veličine ostaju u respiratornom traktu i dubina do koje će prodreti zavisi od njihove veličine kao najznačajnijeg faktora koji određuje opasnost od udisanja čestica. Ukoliko dospeju do pluća čestice usporavaju razmenu kiseonika i ugljen dioksida (skraćujući dah). To dovodi do većeg naprezanja srca, koje je u uslovima povećanog napora, kako bi kompenzovalo smanjeni unos kiseonika. Ljudi koji su često izloženi udisanju čestica, obolevaju od respiratornih bolesti kao što su emfizem, bronhitis, astma i srčani problemi. Materije u vidu tečnosti koje se unose u organizam zajedno sa česticama sa kojima se apsorbuju, ako se udahnu, a otrovne su, mogu doprineti i oštećenju organa kao, na primer, bubrega i jetre [4,5].



**Slika 3.** Čestice i njihov način dospeća do različitih organa  
Izvor: (Correia i ost., 2014)

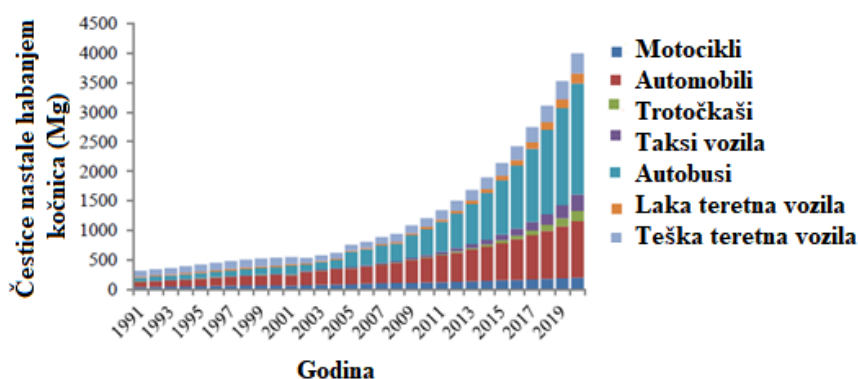
Brojna istraživanja su pokazala kakav uticaj čestice imaju na čovekov organizam. Prema podacima izvora [5] izvršena je analiza uticaja čestica  $\text{PM}_{2,5}$  na zdravlje ljudi u Kini. U proteklih nekoliko godina, količina smoga se povećala u Kini, što je dovelo do pogoršanja kvaliteta vazduha. Smog sadrži štetne čestice, pa čak i one najsitnije. Čestice  $\text{PM}_{2,5}$  mogu prodreti duboko u pluća, iritirati alveolarni zid i na taj način narušiti funkciju pluća. Stoga je važno istražiti uticaj  $\text{PM}_{2,5}$  na respiratorni sistem.



Nakon istraživanja 29 evropskih zemalja, ustanovljeno je da se smrtnost od oštećenja respiratornih organa povećava za 0,58% na svakih 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  povećanja PM10. Nedavno je objavljeno da je učestanost respiratornih oboljenja porasla za 2,07%, dok se stopa hospitalizacije u skladu sa tim povećala za 8%, kada je dnevni PM2.5 povećan za 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ova studija je takođe navela da su povišeni zagađivači česticama vazduha direktno povezani sa ozbiljnijim simptomima bolesti respiratornog trakta, narušenom funkcijom pluća i povećanim morbiditetom i mortalitetom od kardiopulmonalnih bolesti. Osim toga, ova korelacija između povećanja količine čestica i uticaja na zdravlje ljudi je bila očiglednija kod starijih osoba, trudnica, adolescenata, beba, pacijenata sa anamnezom kardiopulmonalnih problema i drugih osetljivih populacija [6].

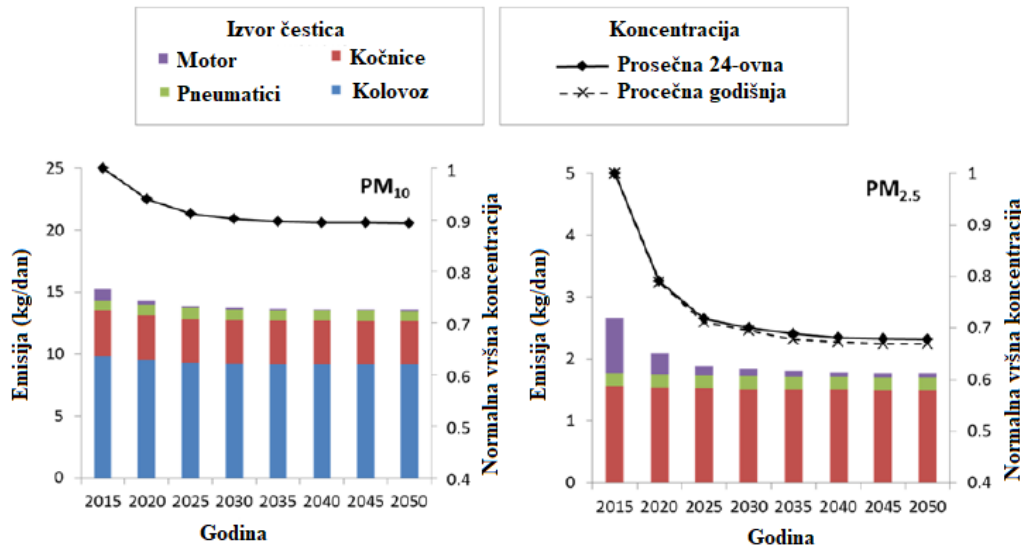
#### 4. ČESTICE STVORENE OD KOČNICA NA VOZILU

Različite kategorije vozila emituju različite količine čestica imajući u vidu da se sva vozila razlikuju kako prema vremenu koje provode u eksploataciji, tako i prema svojim karakteristikama. Jedno od istraživanja koje je sprovedeno u Indiji (Delhiju) prema izvoru [7] daje jasnu sliku o količini čestica koje nastaju od strane različitih vozila. Na osnovu modela, autor je prema podacima poput pređenih kilometara, prosečne brzine, starosti vozila, mase itd., izračunao koncentraciju čestica koje nastaju od različitih kategorija vozila. Naravno, u obzir su uzete one najdominantnije kategorije. Sa slike 4 je uočljivo da najveći broj zagađenja potiče od strane autobusa, što je i razumljivo imajući u vidu da imaju najčešći broj stajanja i najveći broj pređenih kilometara. Uočljivo je da je najveća emisija predviđena u ovoj godini, ali trend zagađenja od različitih kategorija je isti još od 1991. godine uz male varijacije.



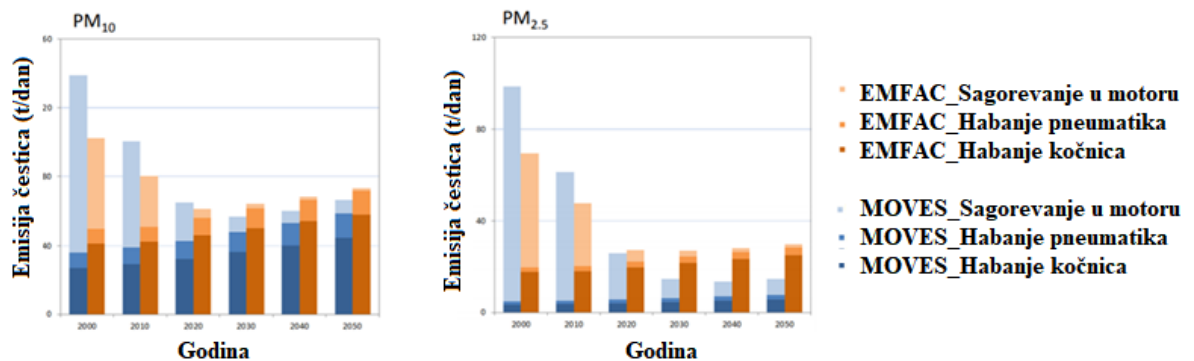
Slika 4. Emisija čestica nastala od strane različitih vozila  
Izvor: (Nagpure i ost., 2017)

Problem zagađenja česticama koje nastaju habanjem kočnica, kako sada, tako i u budućnosti, je analiziran od strane Kalifornijske Agencije za zaštitu živote sredine. Na osnovu modela je izvršena je analiza nastanka čestica od različitih izvora na vozilu. Podaci se zasnivaju na modelu za praćenje stope emisije zagađenja od strane vozila u Kaliforniji na osnovu EMFAC (eng. The Emission FACTors) i na osnovu podataka od ARB (eng. California Air Resources Board). Razlog korišćenja dve baze podataka je taj što EMFAC ne uključuje podatke o prašini sa puta. Rezultati analize su prikazani na slici 5. Prema ovoj studiji, trend koncentracije čestica je opadajući. Ukoliko se posmatraju čestice kao izvor zagađenja, koncentracija čestica koje nastaju od kočnica zavise od veličine čestica. Tako glavni izvor nastanka čestica PM10 nisu kočnice, već čestice koje su nataložene na kolovozu i koje se ponovo podižu u vazduh, dok čestice PM2.5 kao glavni izvor imaju upravo kočnice i njihovo habanje.



**Slika 5. Koncentracija čestica od različitih izvora na vozilu**  
Izvor: (Division of Environmental Analysis, 2017)

EMFAC ne uzima u obzir brzinu kretanja vozila, međutim u Kaliforniji postoji model za simulaciju emisije od čestica koje nastaju od strane vozila. Ovaj model simulacije u obzir uzima i brzinu kretanja vozila i poznat je pod nazivom MOVES (skraćena od Motor Vehicle Emission Simulator). Na osnovu ova dva modela simulacija i na osnovu podataka dobijeni su podaci koji su prikazani na slici 6. Podaci se razlikuje prema količini stvorenih čestica, odnosno predviđanja o količini čestica. Količine stvorenih čestica od različitih izvora su identične i daju prikaz da habanje kočnica svakako predstavlja dominantan izvor, dok emisija čestica koje nastaju sagorevanjem u motoru postaje sve manja. Razlog je primena hibridnih i električnih vozila ali i sve strožija zakonska regulativa koja se postavlja pred proizvođačima pogonskih agregata sa unutrašnjim sagorevanjem.



**Slika 6. Emisija čestica od strane različitih izvora na vozilu**  
Izvor: (Division of Environmental Analysis, 2017)

Regenerativno kočenje može svakako biti jedan koristan sistem na vozilu iz razloga što se pomoću regenerativnog kočenja pune baterije vozila, ali se takođe očekuje i smanjenje emisije čestica. Problem u prethodnim analizama je taj što se ne uzima u obzir regenerativno kočenje, a važnost ovog principa kočenja je jako bitan jer se u narednim godinama predviđa sve veća primena ove tehnologije i vozila koja ovu tehnologiju koriste. Kalifornijska komisija za energiju (eng. California Energy Commission (CEC)) predviđa da će do 2050. god. do 17% kamiona u ukupnom voznom parku i do 30% lakih dostavnih vozno parka biti električna ili hibridna vozila. Kada je reč o električnim vozilima, prema izvoru [9], u analizi se došlo do podataka da takva vozila nemaju emisiju čestica koje nastaju sagorevanjem u motoru ili stvaraju zanemarljivo malu emisiju čestica u odnosu na vozila koja kao pogonski agregat koriste motor sa unutrašnjim sagorevanjem. Takođe se došlo do podataka da nema emisije čestica koje nastaju habanjem sistema za kočenje. Razlog nulte emisije čestica čiji je izvor sistem za kočenje u slučaju električnih vozila jeste primena sistema regenerativnog kočenja. Međutim, zbog svoje veće mase u odnosu na vozila koja

koriste kao pogonski agregat motor sa unutrašnjim sagorevanjem, imaju veću emisiju čestica koja nastaje habanjem pneumatika, puta i ponovnog podizanja postojećih čestica sa površine kolovoza. Prethodno navedeni zaključci su izvedeni na osnovu podataka u tabeli 1.

**Tabela 1. Uporedna analiza stvorenih čestica po kilometru čiji su izvori električna i vozila sa motorima SUS**

Čestice PM <sub>10</sub>						
	Sagorevanje u motoru (mg/vkm)	Habanje pneumatika (mg/vkm)	Habanje kočnica (mg/vkm)	Habanje puta (mg/vkm)	Ponovno podizanje postojećih čestica sa kolovoza (mg/vkm)	Ukupno (mg/vkm)
Električna vozila	0	7,2	0	8,9	49,6	65,7
Vozila sa OTO motorom	3,1	6,1	9,3	7,5	40	66,0
Vozila sa dizel motorom	2,4	6,1	9,3	7,5	40	65,3
Čestice PM <sub>2.5</sub>						
Električna vozila	0	3,7	0	3,8	14,9	22,4
Vozila sa OTO motorom	3,0	2,9	2,2	3,1	12,0	23,2
Vozila sa dizel motorom	2,4	2,9	2,2	3,1	12,0	22,6

Izvor: (Timmers, 2016)

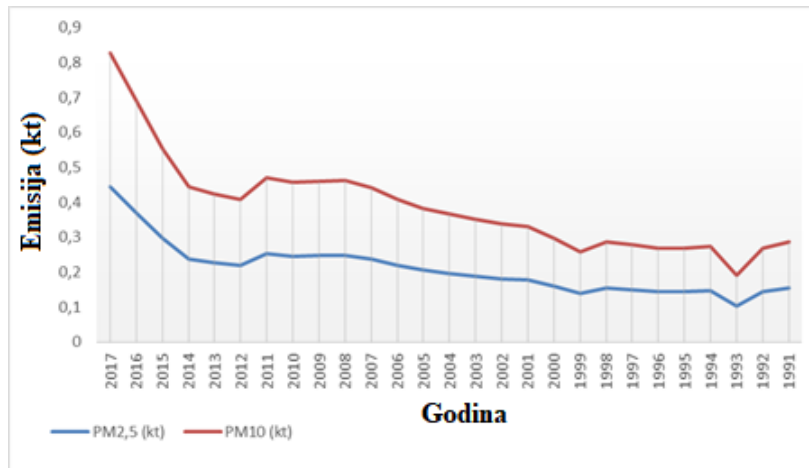
Prema podacima iz izvora [10] vidna je razlika između kočnica i pneumatika kao izvora čestica PM<sub>10</sub>. U ovom slučaju uzeto je u obzir više tipova vozila, ali isto tako i količina čestica koje vozila emituju od strane kočnica i pneumatika na različitim područjima. Podaci su prikazani u tabeli 2, gde je uočljivo da je najveće zagađenje česticama u urbanim područjima, odnosno u gradovima i u tim područjima najveći emiteri su kočnice. Prethodno rečeno je razumljivo imajući u vidu česte procesa kočenja vozila. Isto tako teška vozila su najveći emiteri kada je u pitanju sistem za kočenje imajući u vidu da su ta vozila teža u odnosu na druga vozila. Međutim nije u svakom slučaju sistem za kočenje najveći emiter čestica PM<sub>10</sub>, u nekim područjima poput moto puta i u ruralnim područjima pneumatici i njihovo habanje predstavlja veći izvor čestica.

**Tabela 2. Uporedni prikaz podataka o količini nastalih čestica PM<sub>10</sub> čiji su izvori habanje kočnica i pneumatika u zavisnosti od kategorije vozila i različitih područja**

		Količina čestica nastale usled habanja pneumatika (mg/km)	Količina čestica nastale usled habanja kočnica (mg/km)
Putnička vozila	Urbana područja	8,7	11,7
	Ruralna područja	6,8	5,5
	Moto put	5,8	1,4
Laka teretna vozila	Urbana područja	13,8	18,2
	Ruralna područja	10,7	8,6
	Moto put	9,2	2,1
Kamioni	Urbana područja	20,7	51,0
	Ruralna područja	17,4	27,1
	Moto put	14,0	8,4
Tegljači	Urbana područja	47,1	51,0
	Ruralna područja	38,8	27,1
	Moto put	31,5	8,4
Autobusi	Urbana područja	21,2	53,6
	Ruralna područja	17,4	27,1
	Moto put	14,0	8,4
Motocikli	Urbana područja	3,7	5,8
	Ruralna područja	2,9	2,8
	Moto put	2,5	0,7

Izvor: (Wakeling i ost., 2017)

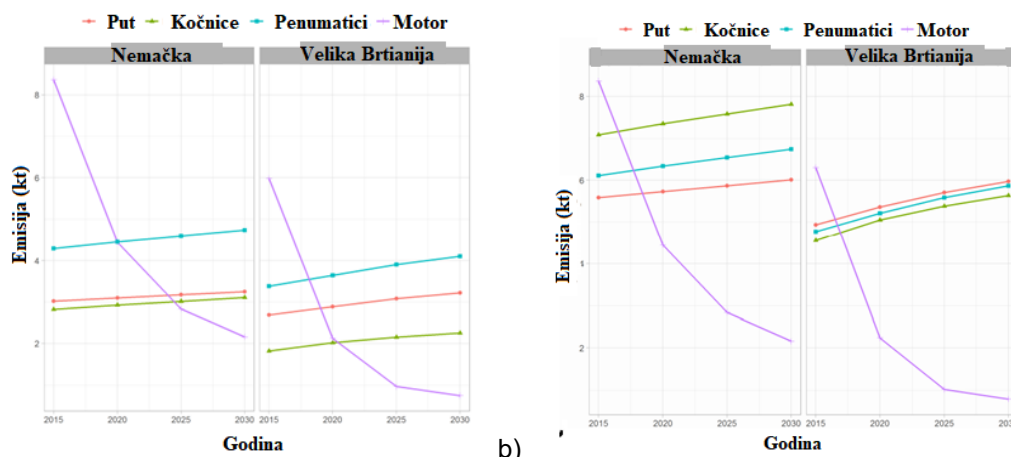
Prema podacima izvora [11] ukupna količina čestica od strane vozila u drumskog saobraćaja u Republici Srbiji posmatrajući period od 1990. do 2017. godine ima trend rasta kada su u pitanju čestice koje nastaju u drumskom saobraćaju. Tako prema podacima koji su dostupni, količina čestica PM10 u 2017. godini u odnosu na 1990. godinu ima trend porasta za 29,94 %. Količina čestica PM2,5 u 2017. godini u odnosu na 1990. godinu ima trend porasta za 10,03 %, dok čestice manje od 40  $\mu\text{m}$  imaju trend porasta za čak 172,51 %. Trend porasta količine čestica je sličan i kada se upoređuju 2016. i 2017. godina. Prema podacima izvora [12], moguće je zaključiti da postoji trend porasta količine čestica koje nastaju habanjem kočnica i pneumatika i ti podaci su prikazani na slici 7. Nažalost, ne postoje podaci koji odvajaju podatke o sistemu za kočenje i pneumatike, ali je jasna slika problema zagađenja česticama od ova dva izvora na vozilu.



Slika 7. Stanje količine čestica koje nastaju habanjem kočnica i pneumatika u periodu od 1991. do 2017. godine

Izvor: (The Centre on Emission Inventories and Projections, 2017)

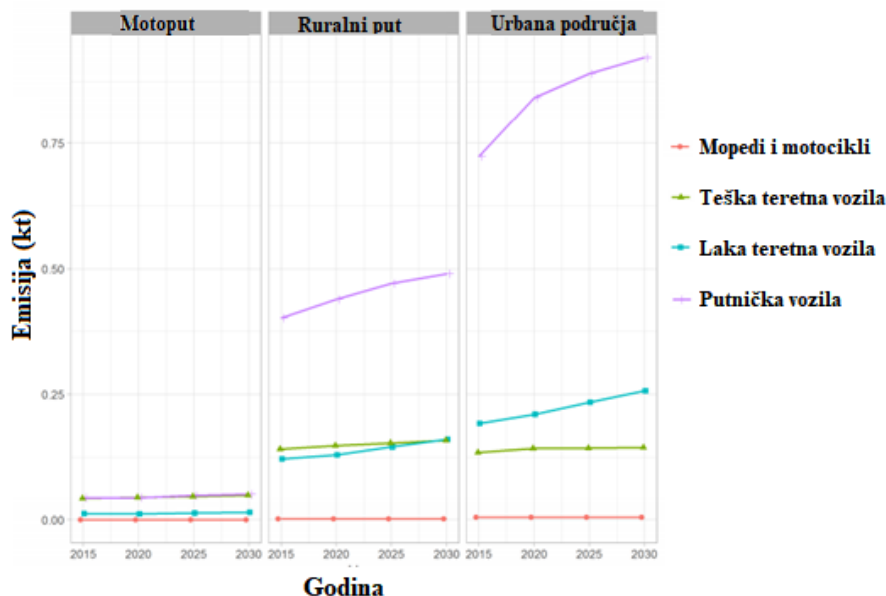
Pored podataka koji su izneti za Republiku Srbiju, izvor [13] prikazuje jasna predviđanja i trenutnu situaciju zagađenja česticama koje emituje vozila u Nemačkoj i Velikoj Britaniji. Sa slike 8 se jasno može zaključiti da će emisija čestica koje nastaju sagorevanjem u motoru do 2050. godine biti puno manje nego onih koje emituju drugi izvori na vozilu. Predviđanja i sadašnji trend zagađenja su takvi da su pneumatici glavni izvori čestica PM2,5 kako u Nemačkoj, tako i u Velikoj Britaniji. Kada je reč o česticama PM10 u Nemačkoj, kako sada tako i u budućnosti, najveći emiter jesu kočnice, dok je u Velikoj Britaniji to habanje puta, odnosno kolovoza.



Slika 8. Predviđena zagađenja česticama od strane različitih izvora na vozilima u Nemačkoj i Velikoj Britaniji, gde su: a) PM<sub>2,5</sub> b) PM<sub>10</sub>

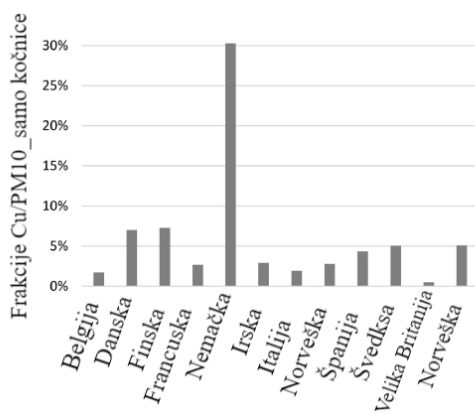
Izvor: (Wakeling i ost.)

Izvor [13] pruža podatke o količini stvorenih čestica PM2,5 čiji su izvor kočnice, ali sa aspekta kategorije vozila i puta na kome se ta vozila kreću. Sa slike 9 je uočljivo da su najveći izvor čestica, kako sada, tako i do 2030. godine, putnička vozila, odnosno konkretno kočni sistem kod putničkih vozila. Sa druge strane, kao i prema izvoru [8], najveće zagađenje česticama PM2,5 je u urbanim područjima gde postoji veći broj vozila u odnosu na ostala područja i puteve.



Slika 9. Emisija čestica PM<sub>2,5</sub> čiji je izvor sistem za kočenje  
Izvor: (Wakeling i ost.)

Problem prilikom habanja kočnica je svakako primena bakra kao jednog od materijala koji ulazi u sastav frikcionih pločica. Na slici 10 je dat prikaz ukupne količine bakra i njegovih frakcija u ukupnoj emisiji čestica PM<sub>10</sub> čiji je izvor vozilo i to za različite gradove u Evropi. Imajući u vidu da u Republici Srbiji postoji samo zakon koji je vezan za zabranu primene azbesta u frikcionim pločicama, pa samim tim vrlo moguće je da je u Republici Srbiji procenat zagađenja životne sredine bakrom i njegovim frakcijama puno veći od neke normalne vrednosti.



Slika 10. Količina frakcija bakra u česticama PM<sub>10</sub>  
Izvor: (Denier, 2018)

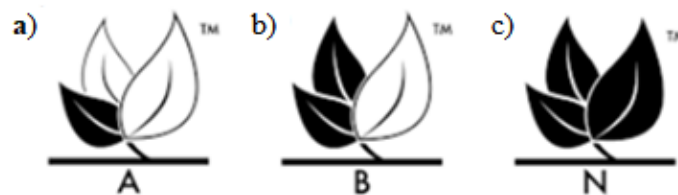
## 5. MERE ZA SMANJENJE EMISIJE ČESTICA

### 5.1. Uvođenje zakonskih propisa

Mnoge države su uvidele opasnost u pogledu uticaja kočnica na životnu sredinu sa aspekta zagađenja teškim metalima i razvijaju svest o opasnosti koje sa sobom nose čestice. Jedna od zemalja koja je shvatila problem zagađenja životne sredine česticama koje nastaju habanjem kočnica jesu savezne države Kalifornija i Vašington. Na osnovu prethodno rečenog i na osnovu svesti koje država Kalifornija ima o emisiji čestica i njihovoj opasnosti, a i činjenici da je kod električnih vozila, kao i hibridnih vozila najveći izvor čestica upravo sistem za kočenje, vlasti su odlučile da uvedu zakonsku regulativu koja je vezana za sastav frikcionih pločica. Takvom zakonskom regulativom se definiše dozvoljena količina nekih materijala u frikcionim pločicama. Zakon o opasnim materijama: Frikcioni materijali kočnica na motornim vozilima u Kaliforniji i Vašingtonu je stupio na snagu 1. januara 2017. godine [15]. Međutim ovaj zakon takođe dozvoljava, ali i

obavezuje proizvođače i distributere motornih vozila i frikcionih materijala, kao i trgovce da iscrpe svoje zalihe sa elementima koji nisu u skladu sa zakonom do 31. decembra 2023. godine. Počev od 1. januara 2021. godine, zakon zabranjuje primenu frikcionih elemenata kočnica na motornim vozilima koje sadrže više od 5,0% bakra u ukupnoj masi, a od 1. januara 2025. zabranjuje primena frikcionih materijala koji se koriste za kočenje (u kočnom sistemu) na motornim vozilima, a koja sadrže iznad 0,5% bakra po masi frikcionog materijala koji se koristi na motornim vozilima. Takođe prema ovom zakonu se definiše i to da formulacije kočnog frikcionog materijala koje se prodaju u Kaliforniji ne sadrže više od 0,01% kadmijuma i njegovih jedinjenja i 0,1% soli hroma po masi jedne frikционе pločice, ali isto tako je zabranjena upotreba olova i njegovih jedinjenja, žive i njegovih jedinjenja i azbestnih vlakana [16]. Prethodno rečeno znači da su u Kaliforniji ograničene količine bakra u kočnim pločicama, međutim takođe je proizvođačima dato dovoljno vremena za razvoj novih materijala i tehnologija proizvodnje.

Do 2025. godine se očekuje da sa eliminacijom bakra u frikcionim oblogama dođe i do eliminacije bakra na putevima. Kako bi se i kupci frikcionih obloga za svoje vozilo upoznali sa ekološkim karakteristikama kupljenih obloga i sa standardima koji važe u Vašingtonu, a vezano za frikционе obloge kočnica vozila, propisano je da svaki proizvod od strane proizvođača nosi oznaku o ispunjenosti standarda, a koji je prikazan na slici 11. Naravno ovakve oznake važe trenutno imajući u vidu da postoje još uvek različite frikционе pločice koje sadrže bakar. Tako prema slici 11 postoje tri klase frikcionih pločica i što znak ima više zatamnenih površina, to više frikciona pločica zadovoljava standarde, tj. ekološki je prihvatljivija. Oznaka prikazana na slici 11a predstavlja oznaku za frikционе obloge nivoa A i takva oznaka govori da su primena azbesta, kadmijuma, hroma, olovo i žive u granicama zakonski dozvoljenih vrednosti. Oznaka prikazana na slici 11b predstavlja oznaku nivoa B i označava da frikciona pločica zadovoljava kriterijume, kao i frikционе pločice nivoa A, s tim da je procenat bakra u ukupnoj masi manji od 5 procenata. Oznaka prikazana na slici 11c predstavlja oznaku frikcionih pločica nivoa N koje ispunjavaju sve zahteve kao i nivo A, s tim da je procenat bakra u njihovoj ukupnoj masi manji od 0,5 procenata, i one predstavljaju ekološki najprihvatljivije frikционе pločice za motorna vozila [16].



**Slika 11.** Oznake frikcionih pločica prema ispunjenosti zahteva o sadržaju količine zakonski propisanih materija, gde su: a) Nivo A, b) Nivo B, c) Nivo N [16]

Izvor: (Department of Toxic Substances Control, <https://ecology.wa.gov/Waste-Toxics/Reducing-toxic-chemicals/Better-Brakes-law>)

Kako su u Kaliforniji definisane oznake o ekološkoj usaglašenosti prema nivou usaglašenosti i koncentraciji određenih materija, u ovom zakonu je data i količina određenih materija za određenu oznaku, a koje prikazana na slici 11. Na osnovu toga u tabeli 3 su date i granične vrednosti određenih elemenata da bi se usvojio određeni nivo usaglašenosti.

**Tabela 3.** Granične vrednosti određenih elemenata u frikcionim materijalima za određene nivoe ekološke usaglašenosti

	Azbestna vlakna	Kadmijum i njegova jedinjenja	Hrom	Olovo	Živa	Bakar
Nivo A	0,1%	0,01%	0,1%	0,1%	0,1%	-
Nivo B	0,1%	0,01%	0,1%	0,1%	0,1%	5%
Nivo N	0,1%	0,01%	0,1%	0,1%	0,1%	0,5%

Izvor: (Department of Toxic Substances Control, <https://www.dtsc.ca.gov/SCP/upload/Final-Regulation-Language.pdf>)

## 5.2. Primena savremenih tehnologija na motornim vozilima

Pored značajnih prednosti zakonske regulative, da bi se u stvorene čestice eliminisale ili zadržale u drugim sistemima, moguće je primeniti savremena tehnička rešenja koja imaju mogućnost zadržavanja ili prihvatanja čestica unutar ugrađenih filtera. Slika 12 prikazuje mogući dizajn prototipa prema jednog uređaja koji je projektovan od strane Tallano Technologie SAS. Uređaj se u ovom slučaju nalazi na bočnoj strani

kočne čeljusti radi bolje efikasnosti prikupljanja čestica koje nastaju od strane kočnica. Ideja je da se uređaj postavi blizu zone kontakta diska i frikcionih pločica kočnice, gde nastaje habanja, i na taj način bi se izbegla emisija čestica i tako obezbedila veća efikasnost prikupljanja. Kompanija koja je dala ovo idejno rešenje očekuju efikasnost od 90% emitovanih čestica i navode da je koncept primenljiv za različite konstrukcije čeljusti i da je upotreba kao naknadno rešenje izvodljiva. Međutim, mora se napomenuti da pozitivan efekat na broj čestica još nije razmatran. Pozitivno jeste i to što je kompanija predvidela primenu ovakvog sistema pored drumskog saobraćaja i u železničkom saobraćaju. Železnička vozila imaju veću masu, pa samim tim je potrebno više vremena za kočenje i broj čestica koji se stvara je veći, tako da bi ova tehnologija bila od velikog značaja kao jedan sastavni element vozila.



**Slika 12.** Koncept tehnologije na vozilu za sakupljanje čestica  
Izvor: (Gramstat, 2018, Meunier, 2018)

Postoje danas i drugačiji sistemi za smanjenje emisije čestica koje nastaju habanjem na vozilu. Neke od tih metoda su potvrđene, a neke još uvek nisu za određene kategorije vozila. Tako su u tabeli 4 prikazane neke od tehnologija koje bi imale uticaja na smanjenje čestica koje potiču od različitih kategorija vozila. U tabeli 4 su date neke od tehnologija gde je ocenom od 0 do 5 ocenjeno koliko bi uticaja imala ta tehnologija u određenoj kategoriji vozila na smanjenje emisije čestica. Ocnom 0 su ocenjene one tehnologije koje na određenoj kategoriji ne bi bile relevantne za primenu i ne bi imale velikog uticaja, ocena 1 označava da bi bilo minimalnog smanjenja čestica primenom te tehnologije. 4 i 5 predstavljaju najznačajniji potencijal za smanjenje emisije čestica od habanja kočnica u budućnosti. Takođe u tabeli su polja označena i različitim bojama, pa tako bela polja označavaju malo ili nikakvo smanjenje emisije čestica; plava boja, označava malo očekivano smanjenje emisije čestica i zelena polja ukazuju na očekivane mogućnosti za najveće smanjenje čestica koje nastaju habanjem kočnica [13].

**Tabela 4.** Uticaj različitih tehnologija na smanjenje emisije čestica koje nastaju habanjem kočnica

	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Kamioni	Tegljači	Autobusi
Primena lakih materijala za izradu vozila	1	1	2	2	2
Keramičko-karbonski diskovi	2	0	0	0	0
Širi točkovi	1	1	1	1	1
Regenerativno kočenje	5	4	2	1	4
Sistemi za brzo uvlačenje potisnog klipa kočnice	1	1	1	1	1
Kočenje preko kabla (Brake-by-wire)	2	2	2	2	2

Izvor: (Wakeling et al, [https://www.vda.de/dam/vda/publications/2017/FAT/FAT-Schriftenreihe\\_301.pdf](https://www.vda.de/dam/vda/publications/2017/FAT/FAT-Schriftenreihe_301.pdf))

## 6. ZAKLJUČAK

Vozila, ali gledano i šire, saobraćaj kao skup vozila, su značajan izvor čestica koje nastaju kako sagorevanjem goriva u motoru SUS, tako i habanjem određenih delova na vozilu. Čestice mogu biti stvorene i od strane puta pod uticajem dejstva vrtloženja vazduha u toku kretanja vozila. Takođe i habanje pneumatika na putu, kako kočenjem, tako i kretanjem po putu stvara čestice. Kako se pneumaticima habaju, ti istrošeni delovi se takođe talože po putu, ali isto tako vetar ih može nositi i nekoliko kilometara od puta. Ssamo vozilo stvara i druge čestice habanjem drugih elemenata nekih od sistema poput kočnica koje su analizirane u ovom radu, gde se habanjem frikcionih elemenata stvaraju čestice koje sadrže štetne materije. Drugi izvori mogu biti manji zagađivači i stvarati manju količinu čestica, ali svakako ih emituju, pa samim tim imaju uticaja na životnu sredinu. Današnji trend stvaranja čestica je takav da izvori kod kojih nema sagorevanja predstavljaju veći izvor čestica od onih kod kojih postoji sagorevanje unutar njih kao što je motor SUS. Takav trend se očekuje i u budućnosti s tim da će odnos biti još i veći. Problem je taj što postoje zakonski propisi koji ograničavaju proizvođače motora da ne pređu maksimalno dozvoljene koncentracije određenih materija, dok u slučaju drugih elemenata i delova na vozilu koji emituju štetne materije ne postoje propisi. Određene zemlje su uvele zakonske normative koje se odnose na dozvoljene koncentracije i dozvoljene materije u određenim delovima vozila poput frikcionih obloga kočnica. Republika Srbija bi takođe trebalo na nacionalnom nivou da uvede takve propise za neke od materija koje se primenjuju u sistemu za kočenje poput propisa koji se odnose na zabranu primene azbestnih frikcionih obloga jer svakako da postoje i druge materije koji su takođe štetni po čovekovo zdravlje, ali i šire posmatrano na celokupnu životnu sredinu. Isto kao što na savremenim pogonskim agregatima postoje uređaji za smanjenje štetnih materija čija je obavezna primena neophodna radi ispunjavanja EURO normativa, tako bi u budućnosti mogla biti prisutna i primena različitih tehnologija za smanjenje emisije čestica od strane kočnica. Takva oprema bi bila od velikog značaja jer bi se uvođenjem zakonskih standarda u Evropi broj čestica mogao smanjiti. Ukoliko se posmatra jedno vozilo koncentracija nije visoka, ali mora se uzeti u obzir broj vozila koji se svakodnevno eksploatiše u svetu, pa samim tim ukupna godišnja koncentracija nije zanemarljiva. Uzimajući u obzir štetnost ovih materija i količine može se i ukazati na veliku štetnost po svetsku populaciju, pre svega populaciju u urbanim sredinama gde sve više ljudi oboli od različitih bolesti, a što je svakako jedan posledični uzrok broja čestica koje čovek svakodnevno udiše.

## Literatura

- [1] Vasiljević, S. Glišović, J., Stojanović, N., Grujić, I. (2019). Primena savremenih sistema kočenja na vozilima u cilju sprečavanja saobraćajnih nezgoda, Savetovanje sa međunarodnim učešćem na temu Saobraćajne nezgode, Zlatibor. 154-164.
- [2] Balaji, M. S., Baskar, A., Priya, A. S., Ahmeda, J., Suryarajana, B., 2018. Correlation of test bench with actual vehicle condition of Indian commercial passenger cars, f International Conference on Advances in Industrial Engineering Applications (ICAIEA 2018), 33-43.
- [3] Fleischman, T., 2016, Researchers simulate wear of materials as they rub together, (on-line) available at: <https://news.cornell.edu/stories/2016/06/researchers-simulate-wear-materials-they-rub-together> (27.05.2019)
- [4] Gržetić, I., (2014). Suspendovane i respirabilne čestice u urbanim sredinama, (on-line) available at: <https://www.chem.bg.ac.rs/~grzetic/predavanja/Osnovi%20hemije%20atmosfere%20i%20zagadivaci%20vazduha/SUSPENDOVANE%20I%20RESPIRABILNE%20CESTICE%20U%20URBANIM%20SRBINAMA.pdf> (29.05.2019)
- [5] Correia, A., Arden, Pope III C., Douglas, W., Dockery, D., Wang, Y., Ezzati, M., Dominic, F., 2014, The Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 US counties for the period 2000 to 2007. *Epidemiology*, vol. 24, 23-31.
- [6] Xing Y., Xu Y., Shi M., Lian Y., 2016. The impact of PM2.5 on the human respiratory system, *Jurnal of Thoracic Disease*, 8(1), E69–E74.
- [7] Nagpure, A. S., Gurjar, B. R., Kumar, V., Kumar, P., 2016, Estimation of exhaust and non-exhaust gaseous, particulate matter and air toxics emissions from on-road vehicles in Delhi. *Atmospheric Environment*, 127, 118–124.
- [8] Division of Environmental Analysis, 2017. Brake Wear Emissions in Particulate Matter, (on-line) available at: [http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/preliminary\\_investigations/docs/brake\\_wear\\_emissions\\_pi.pdf](http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/preliminary_investigations/docs/brake_wear_emissions_pi.pdf) (05.06.2019)
- [9] Timmers, V. R. J. H., & Achten, P. A. J., 2016. Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134, 10–17.



- [10] Wakeling D., Passant N., Murrells TP., Pang Y., Thistlethwaite G., Walker C., Brown P., Del Vento S., Hunter, R., Wiltshire, J., Broomfield, M., Watterson, J., Pearson B., Rushton K., Hobson M., Smith H., Misselbrook T., 2017, UK Informative Inventory Report (1990 to 2015), (on-line) available at: [https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1703161205\\_GB\\_IIR\\_2017\\_Final\\_v1.0.pdf](https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1703161205_GB_IIR_2017_Final_v1.0.pdf) (12.06.2019)
- [11] Ministarstvo zaštite životne sredine, (2019). Republic of Serbia informative inventory report to Irtap convention for 2019, Београд, (on-line) available at: [https://webdab01.umweltbundesamt.at/download/submissions2019/RS\\_NFR2019.zip?cgiproxy\\_skip=1](https://webdab01.umweltbundesamt.at/download/submissions2019/RS_NFR2019.zip?cgiproxy_skip=1) (15.06.2019)
- [12] The Centre on Emission Inventories and Projections, (2017)., Status of reporting for Serbia, (on-line) available at: [https://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/status\\_reporting/2019\\_submissions/](https://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2019_submissions/) (15.06.2019)
- [13] Wakeling D., Murrells, T., Carslaw, D., Norris, J., Jones, L., The Contribution of Brake Wear Emissions to Particulate Matter in Ambient Air, (on-line) available at: [https://www.vda.de/dam/vda/publications/2017/FAT/FAT-Schriftenreihe\\_301.pdf](https://www.vda.de/dam/vda/publications/2017/FAT/FAT-Schriftenreihe_301.pdf) (15.06.2019)
- [14] Denier, van der Gon, H., Hulskotte, J., Jozwicka, M., Kranenburg, R., Kuenen, J., Visschedijk, A. 2018. European Emission Inventories and Projections for Road Transport Non-Exhaust Emissions. Non-Exhaust Emissions, 101–121.
- [15] DTSC, Opasne materije: Frikcioni materijali u kočnim oblogama vozila, (on-line) available at: [https://www.dtsc.ca.gov/LawsRegsPolicies/Regs/MVBrake\\_Friction.cfm](https://www.dtsc.ca.gov/LawsRegsPolicies/Regs/MVBrake_Friction.cfm) (22.04.2019)
- [16] Department of Toxic Substances Control, Ekološki čistije kočnice- materijali i zakonska regulativa, <https://ecology.wa.gov/Waste-Toxics/Reducing-toxic-chemicals/Better-Brakes-law>, (22.04.2019)
- [17] Department of Toxic Substances Control, Zakonska regulativa u Kaliforniji, (on-line) available at: <https://www.dtsc.ca.gov/SCP/upload/Final-Regulation-Language.pdf> (25.04.2019)
- [18] Gramstat, S. (2018). Technological Measures for Brake Wear Emission Reduction. Non-Exhaust Emissions, 205–227
- [19] Meunier, N., (2018), Emissions de particules par les freins : un futur scandale sanitaire, (on-line) available at: [https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/emissions-de-particules-par-les-freins-un-futur-scandale\\_127761](https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/emissions-de-particules-par-les-freins-un-futur-scandale_127761) (19.06.2019)

# UTICAJ POROZNIH ASFALTA NA ŽIVOTNU SREDINU

**Autor: Isidora Pančić master inž. građ.**

*Saobraćajni institut CIP d.o.o., pancicisidora@gmail.com*

**Rezime:** Cilj ovog rada je da prikaže pozitivne uticaje poroznih asfalta na poboljšanje kvaliteta životne sredine i da predstavi njihove prednosti i mane u odnosu na tradicionalne zbijene asfalte.

Porozni asfalti su mešavine koje odlikuje visok procenat šupljina. Kolovozna konstrukcija sa poroznim asfaltnim mešavinama mora istovremeno, kao jedinstven sistem, da ima odgovarajuću nosivost i omogući filtraciju atmosferske vode kroz porozne asfaltne slojeve.

Svakodnevni porast saobraćaja ima, posmatrano sa više aspekata, negativan uticaj na životnu sredinu, te se konstantno vrše istraživanja u cilju eliminisanja, ili bar ublažavanja tih posledica. S tim u vezi, porozni asfalti se sve više primenjuju širom sveta u cilju eliminacije efekta buke, prouzrokovane svakodnevnim saobraćajem. Visok sadržaj šupljina u mešavini poroznog asfalta značajno smanjuje pojavu tzv. "aquaplaning" efekta. Zahvaljujući njihovoj otvorenoj teksturi i unapređenim drenažnim karakteristikama, porozni asfalti smanjuju raspršavanje vode iza vozila koje se kreće. Sposobnost dreniranja poroznih asfalta kao habajućeg sloja mnogo je veća u poređenju sa konvecionalnim habajućim slojem od zbijenog asfalta.

**Ključne reči:** *porozni asfalt, saobraćaj, životna sredina.*

## THE INFLUENCE OF POROUS ASPHALTS ON THE ENVIRONMENT

**Abstract:** *The aim of this paper is to show the positive effects of porous asphalt on improving the quality of the environment and to present their advantages and disadvantages in comparison to the traditional dense asphalts.*

*Porous asphalts are bituminous mixtures characterized by high percentage of air voids. Pavements with porous asphalt mixtures must have adequate load capacity and satisfactory drainage of storm water.*

*Increase in traffic has a negative impact on the environment. Porous asphalts are applied all over the world to minimize the effects of noise caused by everyday traffic. The high content of voids in the mixture of porous asphalt significantly reduces the occurrence of aquaplaning effect. Thanks to their open texture and improved drainage characteristics, porous asphalts decrease the impact of spraying water behind a moving vehicle. Drainage capability of porous asphalt a surface permeable layer is much higher compared to conventional dense-graded asphalt surface course.*

**Keywords:** *porous asphalts, traffic, environment*

### 1. UVOD

Porozni asfalti su mešavine agregata, kamenog brašna (filera) i bituminiziranih veziva koje, kako im i samo ime govori, odlikuje velika poroznost. Zbog načina spravljanja i ugradnje u sebi imaju do 25% šupljina. Prvi put su predstavljeni javnosti krajem šezdesetih godina prošlog veka i od tada pa do danas se konstantno razvijaju i unapređuju.

Poznato je da današnje vreme karakterišu tendencije porasta urbanizacije, transporta i stepena motorizacije stanovništva, što ima niz negativnih posledica na životnu sredinu. Zbog svojih funkcionalnih karakteristika upotreba poroznih asfalta može umanjiti negativan uticaj pomenutih procesa na prirodno okruženje. Cilj rada je da prikaže pozitivne uticaje na poboljšanje kvaliteta životne sredine i da predstavi prednosti i mane u odnosu na tradicionalne, zbijene asfalte.

### 2. OPŠTE KARAKTERISTIKE POROZNIH ASFALTA

Porozne asfaltne mešavine nisu rasprostranjene kao zbijene, a razlog tome je njihov noviji datum proizvodnje. Prvo su se počeli ugrađivati u Sjedinjenim Američkim Državama, a kasnije se njihova upotreba proširila i na Evropu (Danska, Holandija, Belgija, Velika Britanija...). Danas je njihova upotreba rasprostranjena po celom svetu. Iako su u aktivnoj upotrebi već preko 40 godina i dalje se istražuju i unapređuju u skladu sa najnovijim tehničkim dostignućima.

Postoji dva osnovna tipa poroznih asfalta, sa prostorom za skladištenje vode (rezervoarom), koja se infiltrira kroz njihovu površinu i bez njega, slika 1. Drugi tip ispod poroznih slojeva ima klasičnu zbijenu asfaltnu površinu kojom se voda koja padne odvodi do sistema za odvodnjavanje. Mogu se ugrađivati kao jednoslojni i dvoslojni u zavisnosti od potreba korisnika.



**Slika 1:** Porozni asfalti sa prostorom za skladištenje vode (levo), porozni asfalti sa zbijenim slojevima (desno)

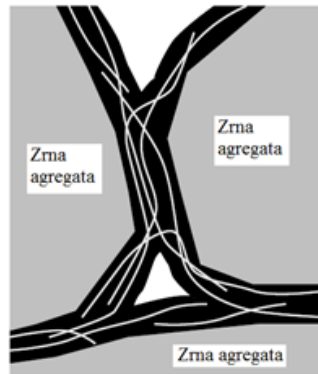
Trajnost, poroznost i nosivost kolovozne konstrukcije zavisi od strukture i sastava mešavine. Odnos veziva, agregata i aditiva je specifičan za svaku mešavinu (u zavisnosti od opterećenja, vrste veziva, granulometrijskog sastava mineralne mešavine, klimatskih parametara...), ali proporcije se kreću u određenom opsegu. Sastav tipične porozne i zbijene (tradicionalne) asfaltno mešavine je prikazan u tabeli 1.

**Tabela 1:** a) Porozna asfaltna mešavina; b) kontinuirana asfaltna mešavina [5]

Tip asfaltno mešavine	Porozni asfalt	Zbijeni asfalt
Procenat šupljina	20-25%	4-6%
Procenat veziva	±6	±6%
Procenat praznina u mineralnoj mešavini	30-33%	14-17%
Procenat šupljina ispunjenih vezivom	30-35%	70-75%
Debljina filma veziva	10µm	7 µm

Najistaknutija osobina ovih mešavina, kako je već rečeno, je visok sadržaj šupljina. Osim toga procenat šupljina ispunjenih vezivom je podjednako bitna veličina koja predstavlja indicaciju veze između zrna agregata. Zbog svoje otvorene strukture vezivo je više sklono oksidaciji i starenju nego kod zbijenih asfaltnih mešavina.

Dodavanjem vlakana i aditiva ovaj problem se prevazilazi. Vlakna se ravnomerno raspoređuju po mešavini i tako formiraju mrežu, slika 2. Zahvaljujući mrežastoj strukturi sprečeno je dreniranje veziva i omogućeno je povećanje procenta bitumena, a samim tim i povećanje debljine filma veziva oko kamenog skeleta mešavine.



*Slika 2: Mrežasta struktura vlakana koja se formira u asfaltnoj mešavini [1]*

### 3. UTICAJ PUTEVA I SAOBRAĆAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Globalne analize uticaja puta na životnu sredinu pokazuju da se svi efekti ispoljavaju u okviru dva osnovna vida. Prvi vid su uticaji koji se javljaju kao posledica same izgradnje objekta i koji su po prirodi većinom privremenog karaktera, a ogledaju se kroz prisustvo mašina i ljudi na gradilištu, transportu i ugradnji velike količine građevinskog materijala kao i trajnog ili privremenog odstranjivanja zelenih površina.

Drugi vid predstavljaju trajne posledice koje su nastale zbog egzistencije puta u prostoru i njegove eksploatacije kroz vreme, a to su pre svega zagađenje vazduha, tla i podzemnih voda, zauzeće prostora, povećanje nivoa buke i povećanje oticaja.

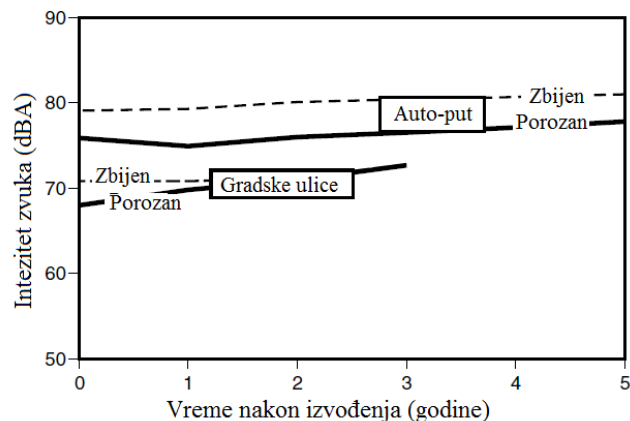
Iz svega navedenog jasno je da se održivi razvoj nalazi u samoj srži projektovanja i izgradnji svih objekata, a naročito puteva koji su jedan od većih zagađivača. Posmatrano iz te perspektive, porozni asfalti imaju niz pozitivnih osobina koje umanjuju negativne efekte globalne urbanizacije i izgradnje infrastrukturnih objekata. Neki od benefita ove vrste asfalta su sledeći:

- Smanjenje buke nastale interakcijom između točkova vozila i asfalta
- Smanjenje urbanih uticaja na vodene tokove
- Smanjenje zagađenja zemljišta jer deluje kao filter za čestice
- povoljan uticaj na okolnu vegetaciju, jer omogućava lakšu filtraciju vode i kiseonika u područje korenja.

#### 3.1. Smanjenje buke

Buka predstavlja prateću pojavu savremenog načina života. Nastaje kao rezultat ljudskih aktivnosti odnosno velike gustine populacije ljudi na jednom mestu. Njen vodeći izvor u gradovima je saobraćaj. Kako populacija stanovništva raste, sa njom raste i broj automobila na putevima, kao i buka koju oni proizvode. Intezitet koji dolazi do stambenih zona u blizini puteva je ograničen kako se ne bi ugrozilo zdravlje ljudi.

Porozni asfalti apsorbuju energiju zvuka, za razliku od zbijenih koji je reflektuju. Apsorbovanje niskih tonova se povećava sa debljinom poroznog sloja, a opada sa začepljenjem pora. Upotrebom dvoslojnih poroznih asfalta buka koju izazivaju pneumatici u dodiru sa podlogom može da se smanji i do 7dBa [3]. Efekti smanjenja inteziteta buke za gradske i auto-puteve dati su na slici 3.



**Slika 3:** Intenzitet buke u zavisnosti od dinamike i opterećenja kolovoza [1]

Mrežu puteva u gradu odlikuje sporiji saobraćaj usled kojeg dolazi do bržeg začepjenja pora, jer pneumatici utiskuju prljavštinu u šupnjine. Na auto-putevima je povoljnija situacija zbog većih brzina saobraćajnog toka, te pneumatici stvaraju podpritisak koji uzrokuje izbacivanje čestica prašine iz pora čime se usporava začepljenje. Smanjenje poroznosti utiče na gubitak sposobnosti asfalta da apsorbuje tonove, ali i nakon 5 godina od ugradnje porozni asfalti proizvode 2 do 4 dBA manje buke nego zbijeni asfalti [2].

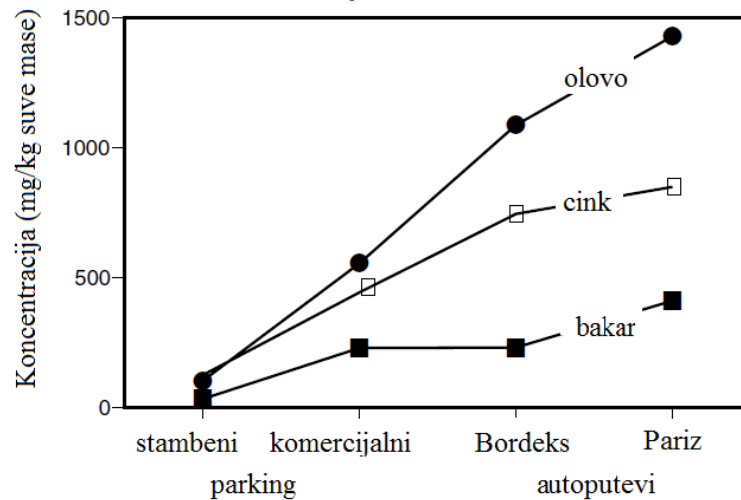
### 3.2. Poboljšanje kvaliteta vode koja se infiltrira kroz površinu kolovoza

Pored mnogobrojnih industrijskih postrojenja, hemijskih prerađivača, proizvođača sirovina i toplotne energije, saobraćaj predstavlja jedan od najvećih zagađivača prirodne okoline. Osim štetnih izduvnih gasova nastalih sagorevanjem goriva iz drumskih vozila, izvor zagađenja su i velike količine čestica koje nastaju trenjem i habanjem pneumatika o kolovoz, kao i one koje nastaju usled curenja goriva i maziva iz vozila. Koncentracija opasnih materija je najveća u prvim minutima kiše koja pada nakon dužeg sušnog perioda. Kiša spirira nataložene čestice koje zatim lako dospevaju u zemljište i reke .

Porozni asfalti imaju pozitivan uticaj na poboljšanje kvaliteta vode koja padne i infiltrira se kroz slojeve konstrukcije. Veliki broj opasnih čestica se zadržava u gornjim slojevima. Uprkos ovoj osobini, u nekim slučajevima, kada postoji veliko saobraćajno opterećenje, voda ipak ne bi trebalo da dođe do posteljice, a da se prethodno ne prečisti. Porozni asfalti se baš iz ovog razloga ne upotrebljavaju u industrijskim zonama ili na mestima gde je povećana mogućnost izlivanja opasnih čestica u okolnu prirodnu sredinu.

Slika 4 prikazuje koncentraciju pojedinih zagađivača u zavisnosti od intenziteta saobraćaja. Kao što je i očekivano, zagađenje je veće gde je intenzivniji saobraćaj. Kako opasne čestice ne bi došle u kontakt sa okolnim zemljištem ili podzemnim vodama, preporučuje se redovno usisavanje i održavanje kolovoza.

Čestice koje najčešće zagađuju okolinu su teški metali, hloridi, ulja i maziva koja cure iz vozila. Teški metali kao što su cink, olovo i nikel dolaze iz korodiranih i oštećenih delova vozila, dok su hloridi posledica posipanja soli puta u zimskim uslovima. Povećan salinitet u zemljištu negativno utiče na ekosistem. Jedini način da se njegova koncentracija smanji jeste redukovanje korišćenja soli tokom zimskih meseci.



**Slika 4:** Koncentracija olova cinka i bakra na kolovozu u zavisnosti od saobraćajnog opterećenja [1]

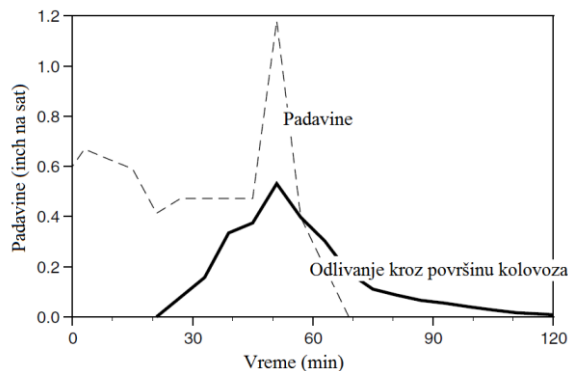
Ispitivanje kvaliteta vode koja prolazi kroz celokupnu kolovoznu konstrukciju poroznih asfalta rađeno je u više zemalja Evrope i dalo je slične rezultate. Voda se sakuplja na dnu rezervoara pa se preko perforirane cevi izvodi van i analizira. Uočeno je da je koncentracija apsorbiranih metala cinka, olova, i dr. iznosi samo 20% do 30% u odnosu na njihovu koncentraciju u površinskim slojevima.

Kvalitet vode je bolji i kod poroznih asfalta rađenim sa zbijenim slojevima koji se nalaze ispod vodopropusnih slojeva. Dolazi se do zaključka da čak i male debljine poroznih slojeva mogu imati funkciju filtera. Ovaj efekat izaziva vezivo koje je lepljivo pa se čestice zadržavaju na njemu.

### 3.3. Smanjenje oticaja-dreniranje

Tokom padavina, u urbanim sredinama voda koja pada na površinu ne može prirodno da otiče već se sakuplja u sisteme za odvodnjavanje i kontrolisano odvodi do recipijenata. Prilikom velikih pljuskova sistemi ne mogu prikupiti svu vodu, pa često dolazi do poplava koje mogu ugroziti bezbednost učesnika u saobraćaju i izazvati velike materijalne štete. Za razliku od napred navedenog koje se odnosi na kolovozni zastor od zbijenih asfalta, u slučaju primene poroznih asfalta kao habajućeg sloja, voda koja se infiltrira u konstrukciju poroznih kolovoza, samo delom odlazi kao oticaj, dok se ostatak zadržava u kolovozu i poroznim slojevima ispod. Engleski naučnik Andersen je 1999 godine ispitivao opisanu pojavu, a rezultati njegovog eksperimenta su objašnjeni u daljem tekstu.

U laboratoriji je bio izgrađen porozni trotoar od otvorenih betonskih blokova koji su postavljeni na različite agregate. Uzorci nisu imali rezervoar. Voda koja je prolazila kroz površinu hvatana je u posudu. Slika 5 ilustruje drenažu kroz jedan takav laboratorijski uzorak.



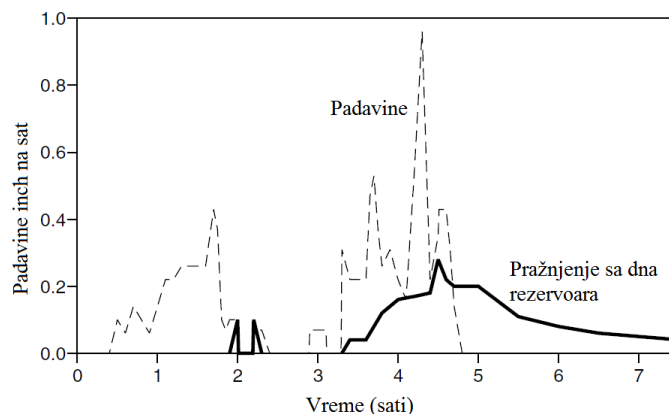
**Slika 5:** Količina padavina i oticaj zabeleženi u laboratoriji, Engleska 1999 [1]

Tokom eksperimenta za prvih 20 minuta nije se javio proticaj zato što je voda koja se infiltrirala u kolovoznu konstrukciju kvasila zrna. Kada je proticanje počelo, bilo je manje nego što su bile padavine i nastavljeno je nakon prestanka "kiše". Intenzitet oticaja tokom celog eksperimenta je bio manji nego što su bile simulirane padavine.

Oticanje je bilo veće što su čestice agregata bile krupnije, pa proizilazi zaključak da velika specifična površina čestica daje mogućnost za veće vezivanje vode koje može biti i do 55% ukupnih padavina. Voda koja se ne veže za čestice i koja ne stigne do rezervoara ispari. Stopa isparavanja je najveća u periodu neposredno nakon kiše.

Drugi eksperiment koji je rađen dao je slične rezultate. Ispitivanje je rađeno u realnim uslovima na parking u Notingemu, Engleska. Parking se nalazi kod univerziteta u Notingemu (Clifton Campus of Nottingham Trent University).

Parking ima četiri odvojena dela čija je podloga sagrađena od različitih materijala (šljunak, šljaka, lomljeni granit, krečnjak). Slika 6 prikazuje oticaj sa dna rezervoara sagrađenog od šljake u toku dana sa prirodnim padavinama.



**Slika 6:** Oticaj sa dna rezervoara sagrađenog od šljake u toku jednog dana sa prirodnim padavinama, Engleska [1]

Prva kiša nije davala oticaj, konstrukcija je potpuno apsorbirala padavine. Nakon što je počelo pražnjenje rezervoara njegov oticaj, pa čak i vrhunac, je bio znatno manji od maksimalne količine padavina. Pražnjenje rezervoara je nastavljeno nekoliko sati nakon prestanka kiše.

U ovom slučaju samo 37% kišnice otekne tokom oluje, 51% se ispusti u prvom satu nakon oluje, a samo 66% od ukupnih padavina otekne, dok ostatak ili odmah ispari ili se veže za čestice agregata. Za sva

četiri rezervoara vrhunac pražnjenja je oko 30% od maksimalnih padavina. Ovo nije slučaj sa zbijenim asfaltima kod kojih je direktni oticaj čak 90%, a vrhunac oticaja kasni tek 5 do 10 minuta od vrhunca padavina.

Smanjenjem oticaja količine vode koja padne na urbano područje smanjuje se rizik od nastanka poplava.

#### 4. ZAKLJUČAK

Sa stanovništa korisnika puta glavne prednosti poroznih asfalta leže u odličnim funkcionalnim karakteristikama, a to su pre svega smanjenje buke i povećanje bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.

Upotreba poroznih asfalta doprinosi povećanju bezbednosti učesnika u saobraćaju, naročito zbog poboljšanih uslova vožnje pri vlažnim vremenskim uslovima. Ova prednost je direktno povezana sa njihovom sposobnošću da uklone svu vodu koja padne na kolovoz, tako što je infiltriraju kroz površinu u dublje slojeve. Koeficijent trenja ostaje konstantan tokom padavina, nema pojave hidroplaninga i rasprskavanja vode na druge učesnike u saobraćaju, izbegava se formiranje magle koja nastaje od kapljica kiše iza pneumatika i smanjuje se odsjaj, čime se poboljšava vidljivost.

Osim svih pobrojanih karakteristika važno je spomenuti da su porozni asfalti skloni začepljenju ukoliko se ne održavaju pravilno. Pravilno održavanje je osnovni preduslov za produžetak životnog veka i zadržavanja funkcionalni karakteristika.

Iz napred navedenog može se zaključiti da porozni asfalti imaju i prednosti i nedostatke u odnosu na tradicionalne, zbijene asfalte. Njihov dalji razvoj će biti usmeren ka poboljšanju osobina koje imaju pozitivan uticaj na životnu sredinu i bezbednost kroz dalje unapređenje veziva, kao i prema razviju tehnologije njihovog održavanja, jer je jedan od najvećih problema začepljenje pora. Uvođenje poroznih asfalta u upotrebu u zemljama gde se još uvek ne koriste podrazumevalo bi pre svega razmatranje tehnologije njegovog pravljenja i ugradnje kao i načina održavanja, koji se značajno razlikuje od zbijenog asfalta, kao i razmatranje drugih uslova, kao što su klimatski, finansijski, obim saobraćaja i dr. To praktično znači da bi svaka država, shodno svojim mogućnostima, trebalo da odredi strategiju razvoja, proizvodnje i upotrebe ovih asfalta.

#### Literatura

- [1] Ferguson, B. (2005). Porous Pavements. USA: Taylor & Francis Group.
- [2] Huber, G., (2000). Performance Survey on Open-Graded Friction Course Mixes. Synthesis of Highway Practice 284. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C.
- [3] Ilić, V., Orešković M.: "Prednosti i mane primene poroznih asfalta u urbanim sredinama", Zbornik radova međunarodne konferencije "Savremena dostignuća u građevinarstvu 2015", Subotica, Srbija. DOI: 10.14415/konferencija GFS 2015.058
- [4] Van Der Zwan, J.T., T. Goeman, H.J.A.J. Gruis, J.H. Swart, and R.H. Oldenburger. (1990). Porous Asphalt Wearing Courses in the Netherlands: State of the Art Review. Transportation Research Record No. 1265. Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. pp 95-110.
- [5] Performance of open graded porous asphalt in New Zealand, October 2011, NZ Transport Agency research report 455





# MESTO UMORA VOZAČA U STRUKTURI ČOVEK-VOZILO-PUT I OKRUŽENJE

Jelica Davidović<sup>1</sup>, Dalibor Pešić<sup>2</sup>, Boris Antić<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet – [jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs](mailto:jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet – [d.pesic@sf.bg.ac.rs](mailto:d.pesic@sf.bg.ac.rs)

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet – [b.antic@sf.bg.ac.rs](mailto:b.antic@sf.bg.ac.rs)

**Rezime:** *Osamdesetih godina prošlog veka sistematizovani su osnovni faktori bezbednosti saobraćaja i to su: čovek – vozilo – put i okruženje. Umor je klasifikovan kao element faktora čovek. Međutim, danas u 21om veku, a na osnovu brojnih istraživanja i naučno-tehnoloških otkrića umor možemo da klasifikujemo kao element u sva četiri faktora.*

*Umor koji se javlja kod vozača usled vožnje je najčešće izučavan u okviru faktora čovek, odnosno sa aspekta vozača. I utvrđeno je da se do 50% saobraćajnih nezgoda događa usled umora vozača. Problem umora kod vozača je prepoznala automobilska industrija i preduzela značajne korake u razvoju i implementaciji inteligentnih transportnih sistema za detekciju umora. Do sada su veliku pažnju privukli sistemi koji detektuju nivo umora na osnovu brzine i učestalosti zatvaranja očiju vozača, pomeranja točka upravljača, na osnovu ponašanja vozila u saobraćajnoj traci itd. koji zvučnim signalom ili vibracijama upozoravaju vozače da imaju kasne znake umora.*

*Imajući u vidu da se saobraćajne nezgode usled umora vozača najčešće događaju na monotonim deonicama puteva, koje karakterišu dugi pravci, a nema intenzivnog saobraćaja otvara se pitanje kako put utiče na pojavu umora? Pored puta, indikator umora, odnosno indikator koji ukazuje da će doći do razvoja umora mogu biti i elementi okruženja, na primer, vremenski uslovi, monotona okruženja i dr.*

*U ovom radu biće prikazano mesto umora u strukturi čovek-vozilo-put-okruženje sa posebnim akcentom na faktor put.*

**Ključne reči:** umor, saobraćajne nezgode, bezbednost saobraćaja, osnovni faktori bezbednosti saobraćaja, put

## DRIVER FATIGUE PLACE IN THE STRUCTURE MAN-VEHICLE-ROAD AND ENVIRONMENT

Jelica Davidović<sup>1</sup>, Dalibor Pešić<sup>2</sup>, Boris Antić<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering – [jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs](mailto:jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering – [d.pesic@sf.bg.ac.rs](mailto:d.pesic@sf.bg.ac.rs)

<sup>3</sup> University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering – [b.antic@sf.bg.ac.rs](mailto:b.antic@sf.bg.ac.rs)

**Abstract:** *The eighties of the last century systematized the main factors of traffic safety: human - vehicle - road and environment. The fatigue is classified as an element of a human factor. However, today in the 21st century, and based on numerous research and scientific-technological discoveries, we can classify fatigue as an element in all four factors.*

Driver fatigue is the most frequently studied in the context of human factors, or in terms of the driver. And it has been established that up to 50% of traffic accidents occur due to driver's fatigue. The problem of driver fatigue was recognized by the automotive industry and took significant steps in the development and implementation of intelligent transport systems for the detection of fatigue. Until now, attention has been paid to systems that detect fatigue levels based on the speed and frequency of closing the eyes of the driver, moving the steering wheel, based on the behavior of vehicles in the traffic lane, etc. which sounds or vibrations warn drivers that they have late signs of fatigue.

Bearing in mind that traffic accidents due to driver fatigue are most often happening on monotonous road sections, which are characterized by long routes, and there is no intensive traffic, the question arises as to how the route affects the appearance of fatigue? Alongside the road, a fatigue indicator, or a indicator indicating that fatigue will develop, can also be elements of the environment, for example, weather conditions, monotone environments, and so on.

In this study we will show the place of fatigue in the structure of the human-vehicle-road-environment with a special emphasis on the factor path.

**Keywords:** fatigue, traffic accidents, road safety, the main factors of traffic safety, road

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: [jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs](mailto:jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs)

## 1. UVOD

Poslednji izveštaj Svetske zdravstvene organizacije ukazuje da 1,35 miliona ljudi godišnje pogine u saobraćajnim nezgodama. U izveštaju se ističe da je stradanje u saobraćajnim nezgodama osmi vodeći uzrok stradanja u svetu (WHO, 2018). Još 1980. godine Haddon je sistematizovao faktore koji utiču na bezbednost saobraćaja, najpre u osnovnoj matrici, gde je sistematizovano tri faktora bezbednosti saobraćaja: čovek, vozilo i okruženje, pre, za vreme i posle saobraćajnih nezgoda. Nakon toga, javila se potreba da se put izdvoji iz okruženja kao poseban faktor, tako da je u proširenoj Hedonovoj matrici sistematizovano četiri faktora bezbednosti saobraćaja: čovek, vozilo, put i okruženje, i to pre, za vreme i posle saobraćajnih nezgoda.

Čovek se javlja kao najznačajniji i najčešće izučavan faktor jer na različite načine utiče na aktivnu i pasivnu bezbednost saobraćaja. Najvažniji elementi faktora čovek su pol, starost, sposobnost, znanje, obuka, stavovi, iskustvo, ponašanje, vožnja pod uticajem (alkohola, umora, psihoaktivnih supstanci, lekova), kao i ostali elementi kao što su standard, obrazovanje, ishrana, pušenje i dr.

Kao značajni elementi faktora vozilo izdvajaju se masa vozila, konstrukcija, dužina, oprema – pre svega opremljenost i kvalitet sigurnosnih pojaseva, vazдушnih jastuka, naslona za glavu i sl.

Put je, takođe, prepoznat kao osnovni faktor bezbednosti vozila, a značajni elementi su: vrsta puta, trasa puta, broj raskrsnica, broj priključnih puteva, stanje kolovoza, prepreke pored puta i sl.

Okolina se izdvaja kao četvrti faktor bezbednosti saobraćaja u koji spadaju brojni elementi, na primer, vremenski uslovi, uticaj saputnika (vršnjaka, roditelja, dece...), materijalna situacija, odnosno dohodak, postojanje i sprovođenje zakona, barijere pored puta, karakteristike okruženja puta i sl.

Kao problem 21. veka u bezbednosti saobraćaja izdvaja se umor vozača. Danas umor spada među najvažnije uzročnike saobraćajnih nezgoda. Umor je povezan sa fiziološkim promenama aktivnosti moždanih talasa, pokreta očiju, pokreta glave, tonusa mišića i rada srca. Na početku pojave umora dolazi do snižavanja telesne temperature, smanjuju se otkucaji srca, respiracija, krvni pritisak i adrenalin. Kada je osoba umorna može doći do „mikro-sna“. „Mikro-san“ ili kratak san je kratko dremanje koje traje 4-5 sekundi (Safety Net, 2009).

Vožnja pod uticajem umora, odnosno umor koji se javlja kod vozača usled vožnje je izučavan kao element faktora čovek, odnosno sa aspekta vozača. Rezultati pokazuju da se do 50% saobraćajnih nezgoda događa usled umora vozača. Problem umora kod vozača je prepoznala automobilska industrija i preduzela značajne korake u razvoju i implementaciji inteligentnih transportnih sistema za detekciju umora. Do sada su veliku pažnju privukli sistemi koji detektuju nivo umora na osnovu brzine i učestalosti zatvaranja očiju vozača, pomeranja točka upravljača, na osnovu ponašanja vozila u saobraćajnoj traci itd. koji zvučnim signalom ili vibracijama upozoravaju vozače da imaju kasne znake umora.

Imajući u vidu da se saobraćajne nezgode usled umora vozača najčešće događaju na monotonim deonicama puteva, koje karakterišu dugi pravci, a nema intenzivnog saobraćaja otvara se pitanje kako put utiče na pojavu umora? Pored puta, indikator umora mogu biti i elementi okruženja, na primer, uticaj vremenskih uslova na razvoj umora, monotona okruženja i dr.

Cilj ovog rada je da se prikaže mesto umora u strukturi čovek-vozilo-put-okruženje sa posebnim akcentom na faktor put.

## 2. METODOLOGIJA

Sa metodološkog aspekta mesto umora u strukturi čovek – vozilo – put - okruženje je definisano na osnovu analize literature i sistematizacije podataka koja se zasniva na ekspertskom mišljenju.

Analiza literature je obuhvatala pretragu onlajn baza naučnih časopisa i to: ScienceDirect, PubMed, Springer i Transportation Research Board. Ključne reči na osnovu kojih je sprovedena pretraga: umor, pospanost, dremanje, budnost, saobraćajne nezgode, uticajni faktori. Prilikom pretraživanja, akcentat je dat na časopise: Accident Analysis Prevention, Transportation Research, Safety Science, Journal of Safety Research, Open Journal of Safety and Technology, Journal of Natural Sciences Research, Advances in Social Sciences Research Journal, Open Journal of Safety Science and Technology, Journal of Natural Sciences Research, Sleep i dr. U nastavku su pretraživane mnogobrojne web stranice, takođe je pretraživana literatura u vidu tehničkih izveštaja, realizovanih studija i projekata.

Uzimajući u obzir Haddon-ovu (1980) podelu osnovnih faktora bezbednosti saobraćaja, u kojoj je sistematizovano četiri faktora bezbednosti saobraćaja, najpre u tri perioda – pre, za vreme i nakon saobraćajne nezgode, a zatim na aktivnu i pasivnu bezbednost saobraćaja, kao i rezultate literarnog pregleda u ovom radu je definisano mesto umora među osnovnim faktorima bezbednosti saobraćaja.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

HORNE (1992) je objavio da za ljude koji obično spavaju noću, pri noćnoj vožnji rizik za nastanak nezgode znatno raste. Naglasio je da je u tom slučaju rizik za nastanak nezgode u periodu od 04:00-06:00 10 puta veći, nego u slučaju kada voze ujutru ili popodne. Takođe, Corfitsen (1994) pokazuju da se nivo umora povećava kako vreme odmiče, odnosno kako se bliži jutro.

Radun and Summala, (2004) ukazuju da se najviše nezgoda dogodi u ranim jutarnjim satima (7 puta više nego popodne), na glavnim putevima (17 puta više nego na drugim), da se radi o čeonim sudarima ili sletanju sa puta (po 12,4 puta više od ostalih vrsta nezgoda), na suvom (15 puta više nego kada je sneg, led, pesak, blato i sl.) i mokrom kolovozu (9 puta više nego kada je sneg, led, pesak, blato i sl.). Takođe, utvrdili su da je 10,4 puta veća verovatnoća za nastanak nezgode ako je vozač spavao manje od 6 sati nego da je spavao 7 ili 8 sati.

Thiffault and Bergeron (2003) ispitivali su kako okruženje puta utiče na smanjenje budnosti vozača i ukazuju da su veličina, boja, intenzitet i sadržaj okruženja veoma uticajni faktori. Klauer et al. (2003) su pokazali da prisustvo saputnika pomaže vozaču da bolje upravlja umorom, ali i da dolazi do manjeg razvoja umora ukoliko vozači imaju krevet u kojem odmaraju na dugim rutama.

Radun and Radun (2006) zaključili su da pored načina vožnje, načina života u zavisnosti od godišnjeg doba i kvalitet sna treba posmatrati kao uticajne faktore, ističući da se saobraćajne nezgode zbog umora najčešće događaju u letnjem periodu.

Radun and Radun (2009) ukazuju da je skoro svaki dvadeseti vozač kažnjen jer njegovo vozilo nije održavalo pravac. Samo 3% kažnjenih vozača je poricalo da je bilo umorno ili zaspalo u toku vožnje. 50% kažnjenih su muškarci mlađi od 35 godina.

Obst et al. (2011), Radun et al. (2015) i Watling et al. (2015) su pokazali da razvoj umora i nastanak saobraćajnih nezgoda usled umora vozača zavisi od pola, starosti i nivoa obrazovanja.

Mohamed et al. (2012) su zaključili da se pad performansi vozača javlja u dva perioda: kada je normalno vreme za spavanje (između 1:00 h i 06:00 h) i 12 sati kasnije između 14:00 h i 16:00 h.

Phillips and Sagberg (2013) su utvrdili da muškarci (posebno mladi) koji imaju neki od poremećaja spavanja imaju znatno veći rizik za nastanak nezgode.

Williamson and Friswell (2013) su dokazali da način obračuna zarade utiče na nastanak saobraćajnih nezgoda zbog umora. Da način upravljanja u transportnim kompanijama ima uticaj na nastanak saobraćajnih nezgoda usled umora vozača pokazali su Torregroza-vargas et al. (2014), koji ukazuju da su šanse za nastanak saobraćajnih nezgoda najmanje kada je odmor duži od 8 sati. Chen et al. (2015) su objavili da stavovi vozača ukazuju da umor izazivaju nerealni rasporedi vožnje i neadekvatna obuka vozača.

Diependaele (2015) ukazuje da na pojavu pospanosti tokom vožnje utiče vreme vožnje (više od 4 sata za točkom upravljača), količina sna (san koji je trajao manje od 8 sati), kvalitet sna (neregularan san i buđenje sa čestim promenama na svaka 2 sata), starost (najrizičniji su mladi vozači 18-30 godina). Zatim na pojavu pospanosti utiču unos alkohola (2-4 pića), da li su izazvali saobraćajnu nezgodu u poslednjih 12 meseci, prekomerna pospanost u toku dana, dužina vožnje (duže od 60 km), doba dana (vožnja uveče ili noću). Lipovac i dr (2016) ukazuju da telo vozače upozorava da je došlo do nekih promena, aktivira alarm kojim ih upozorava da je vreme za odmor, međutim, vozači često ignorišu te signale smatrajući ih preuranjenim. Upravo iz tog razloga dolazi do saobraćajnih nezgoda koje su posledice umora. Iste godine, Sparrow et al. (2016) ukazuju da noćna vožnja dovodi do značajnog razvoja umora.

Na osnovu prikazanog literarnog pregleda može se definisati mesto umora u strukturi čovek, vozilo, put i okruženje na sledeći način.

Tabela 1. Umor u strukturi Č-V-P-O

<i>Faktori bezbednosti saobraćaja</i>	<i>Elementi koji utiču na razvoj umora</i>	<i>Primer</i>	<i>Pre SN</i>	<i>Za vreme SN</i>	<i>Nakon SN</i>
<i>Čovek</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• količina sna</li> <li>• kvalitet sna</li> <li>• poremećaj spavanja</li> <li>• pol</li> <li>• starost</li> <li>• nivo obrazovanja</li> <li>• konzumiranje alkohola</li> <li>• vreme vožnje</li> <li>• način vožnje</li> <li>• ignorisanje znakova umora</li> </ul>	<i>nedovoljna količina sna</i>	<i>Nedovoljno sna u prethodnoj noći (ili u prethodnom periodu) utiče na sposobnosti vozača, dovodi do prekomerne dnevne pospanosti i povećanog rizika da vozač zaspi u toku vožnje.</i>	<i>Ukoliko je vozač zaspao neće reagovati, a ukoliko je izražena prekomerna dnevna pospanost on neće pravovremeno reagovati.</i>	<i>Usled nedostatka sna psihofizičke sposobnosti su umanjene, pa samim tim utiču na reagovanje vozača, pružanje pomoći, obezbedjenja lica mesta i sl.</i>
<i>Vozilo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komfor</li> <li>• ispravnost</li> <li>• postojanje pouzdanog sistema za detekciju umora</li> </ul>	<i>ispravnost</i>	<i>Ukoliko je u svesti vozača da njegovo vozilo nije ispravno, on će veću pažnju posvećivati tome što može izazvati razvoj umora.</i>	<i>Indikator umora u ovim saobraćajnim nezgodama je izostanak kočenja, kao i manevara u trenutku neposredno pre SN.</i>	<i>Ukoliko je ipak došlo do ove SN, ispravnost sistema zaštite može umanjiti posledice.</i>
<i>Put</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kategorija puta</li> <li>• zaštitne ograde</li> <li>• širina saobraćajnice</li> <li>• vibro-zvučne trake</li> </ul>	<i>kategorija puta</i>	<i>Dugi pravci, posebno na putevima I i II reda, sa širokim saobraćajnim trakama, na kojima nema potrebe za čestim manevrima dovode do razvoja pospanosti i rizika za mikro snom.</i>	<i>Na putevima većeg ranga povećan je rizik za čeone sudare.</i>	<i>Kategorija puta utiče na pristupačnost ekipama hitne medicinske službe i na vreme odziva.</i>
<i>Okruženje</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meteorološki uslovi</li> <li>• godišnje doba</li> <li>• doba dana</li> <li>• upravljanje u transportnim kompanijama</li> <li>• veličina, boja, intenzitet i sadržaj okruženja - monotona okruženja dovode do pojačanog razvoja umora</li> <li>• prisustvo saputnika</li> </ul>	<i>meteorološki uslovi – kiša</i>	<i>U uslovima jake kiše (posebno ukoliko je praćena vetrom) vozači troše više energije, tako da brže dolazi do razvoja umora.</i>	<i>Brzine su manje, dolazi do stvaranja gužve i rizik učešća u SN se povećava.</i>	<i>Ukoliko dođe do stvaranja gužve, produžava se vreme odziva službe hitne medicinske pomoći.</i>

Faktor čovek:

- količina sna
- kvalitet sna
- poremećaj spavanja
- pol
- starost
- nivo obrazovanja
- konzumiranje alkohola
- vreme vožnje
- način vožnje
- ignorisanje znakova umora (koje zavisi od pola i starosti i nivoa obrazovanja)

Faktor vozilo

- komfor
- ispravnost
- postojanje pouzdanog sistema za detekciju umora

Faktor put

- kategorija puta (na "glavnim" putevima u znatno većoj meri dolazi do saobraćajnih nezgoda zbog umora, što može biti posledica širokih saobraćajnih traka, kvalitetnijih puteva prvog prioriteta is I.)
- nepostojanje odgovarajućih zaštitnih ograda – karakteristična su sletanja sa puta
- nisu fizički odvojene trake i dolazi do čeonih sudara usled prelaska u suprotne trake

Faktor okruženje

- Meteorološki uslovi – saobraćajne nezgode usled umora najpre nastaju na suvom, zatim na mokrom kolovozu, a najmanje kada je na kolovozu sneg i led.
- Godišnje doba – leto, saobraćajne nezgode usled umora najviše nastaju leti koje karakterišu visoke temperature.
- Doba dana – saobraćajne nezgode usled umora nastaju u većoj meri noću, odnosno kada su uslovi vidljivosti noćni, kada je okruženje "mirno", odnosno nema mnogo saobraćaja.
- Upravljanje u transportnim kompanijama u vidu načina obračunavanja zarade, vremena odmora, nerealnih rasporeda vožnje, neadekvatne obuke vozača
- veličina, boja, intenzitet i sadržaj okruženja – monotona okruženja dovode do pojačanog razvoja umora
- prisustvo saputnika – na razvoj umora utiče i "monotonija u kabini", odnosno kada nema saputnika ili oni nisu budni.

### 3.1. Osvrt na uticaj puta i životne sredine na razvoj umora kod vozača

Prema tradicionalnoj klasifikaciji, još iz 1980. godine umor je element faktora čovek, razvija se kod vozača i u vezi je sa njegovim ponašanjem. Međutim, analizom brojnih istraživanja na temu umora od tada do danas može se promeniti tačka gledišta i "odgovornost" za razvoj umora kod vozača i nastanak saobraćajnih nezgoda podeliti i na ostale faktore: vozilo, put i okruženje.

Kada govorimo o uticaju puta na nastanak umora na prvom mestu su kategorija puta (najviše ovih vrsta nezgoda se događa na putevima I i II reda). Na "brzim" saobraćajnicama, gde nema velikih disperzija brzine, gde je velika protočnost i nema mnogo manevara vozači se umiruju i dolazi do intenzivnog razvoja pospanosti koja može biti pokazatelj običnog ili horničnog umora.

Zatim, važno mesto zauzima stanje opreme puta, odnosno postojanje odgovarajućih zaštitnih ograda, odmorišta pored puta i sve popularnijih "rest area" – prostora za odmor pored puteva koje karakterišu monotona okruženja, dugi pravci, široke saobraćajne trake i sl.

U cilju izbegavanja čeonih sudara i sletanja sa puta, potrebno je postaviti vibro-zvučne trake na mestima koja imaju elemente za razvoj umora a to su dugi pravci, na državnim putevima I i II reda, sa monotonim okruženjem.

Životna sredina takođe ima veliki uticaj na razvoja umora. Pored izgleda životne sredine (da li je ravnica, brdovito, zatim postojanje horizontalnih i vertikalnih krivina), klime, meteoroloških uslova važno mesto zauzimaju i način života, prihodi, ljudi, mentalitet.

Na osnovu prethodno analiziranih israživanja može se zaključiti da u sredinama gde su slabije plaćeni, pre svega vozači profesionalci, prinuđeni su da duže rade, da su im skraćeni dnevni odmori tako da dolazi do nagomilavanja umora. Slično je i za ostale vozače, produženo vreme rada dovodi do umora koji se ispoljava na kraju smene, odnosno kada putuju od posla do kuće.

Ukoliko životnu sredinu karakterišu kratki dani u zimskom period i duga topla leta, kao što je u Srbiji, onda je njen uticaj na razvoj umora veoma izražen i rasprostranjen gotovo tokom cele godine.

#### 4. ZAKLJUČCI

Umor kod vozača predstavlja problem 21. veka, iz tog razloga potrebno mu je posvetiti veću pažnju, s obzirom da predstavlja jedan od najvećih uzroka saobraćajnih nezgoda, pre svega sa učešćem komercijalnih vozila.

U cilju unapređenja saobraćajnih nezgoda i posledica saobraćajnih nezgoda koje nastaju zbog umora vozača potrebno je uticati na donosiocima odluka da pređu sa tradicionalnog koncepta da razvoj umora zavisi samo od vozača, na savremeni koncept prema kojem sva četiri faktora utiču na razvoj umora.

Kod savremenog koncepta se otvara pitanje čiji uticaj je najveći?

Faktor čovek, kao što je navedeno je jedini u okviru kojeg je do sada izučavan uticaj umora. Brojna dosadašnja istraživanja ukazuju da se uticajni elementi dele na:

- faktor sna (količina sna, kvalitet sna, poremećaji spavanja)
  - ukoliko vozači spavaju manje od 6 sati povećava se rizik za nastanak nezgode
  - ukoliko vozači imaju loš kvalitet sna, česta buđenja, noćne more povećava se rizik za nastanak nezgode
  - ukoliko vozači imaju neki od poremećaja sna (npr. sleep apnea) povećava se nivo prekomerne dnevne pospanosti, a samim tim i rizik za nastanak nezgode
- demografski faktor (pol, starost, nivo obrazovanja)
  - muškarci su skloniji nastanku nezgoda zbog umora, jer u većoj meri ignorišu znake umora
  - mladi vozači su skloniji nastanku nezgoda zbog umora, jer u većoj meri ignorišu znake umora
  - visoko obrazovani imaju manji rizik za nastanak saobraćajne nezgode usled umora
- vožnja pod uticajem (alkohola i /ili dorga)
  - alkohol i psihoaktivne supstance negativno utiču na vozače i u kombinaciji sa umorom se značajno povećava rizik za nastanak nezgode
- faktor vožnje (vreme i način vožnje)
  - sa povećanjem vremena vožnje povećava se i rizik za nastanak nezgode
  - "mirnija vožnja", bez mnogo manevara povećava rizik za nastanak nezgode

Uticaj vozila do sada nije izučavan sa ovog aspekta, ali posebnu pažnju treba obratiti na komfor, ispravnost, kao i postojanje i pouzdanost sistema za detekciju umora.

Uticaj puta i okruženja je prikazan u ovom radu, međutim, potrebno je raditi na istraživanju nivoa uticaja svih navedenih elemenata i njihovo rangiranje prema uticaju. Kao najvažniji elementi faktora put koji dovode do razvoja umora su kategorija puta, karakteristike saobraćajnice (širina saobraćajne trake, postojanje zaštitne ograde na mestima na kojima je potrebna, funkcija puta).

Sa druge strane, u okviru faktora okruženje mogu se izdvojiti sledeće grupe:

- Meteorološko – vremenski faktori (meteorološke prilike, godišnja doba, doba dana)
- Faktori okoline puta (veličina, boja, intenzitet i sadržaj okruženja)

- Faktor rada (način obračunavanja zarade, vreme rada, vreme odmora, odnos rukovodilaca prema radnicima, red vožnje, doobuka vozača)
- Prisustvo saputnika
  - na razvoj umora utiče i “monotonija u kabini”, odnosno kada nema saputnika ili oni nisu budni
  - na razvoj umora može da utiče i prisustvo saputnika (ukoliko zamara vozača, utiče mu na koncentraciju i sl.)

Na osnovu dosadašnjih istraživanja ne može se precizno utvrditi čiji uticaj je najveći na razvoj umora, jer do sada nije na taj način izučavan ovaj fenomen.

Pravce budućih istraživanja usmeriti na razvoj metodologije i utvrđivanje ocene uticaja čoveka, vozila, puta i okruženja na razvoj i intenzitet umora kod vozača. Zatim, definisati metodologiju za rangiranje tih uticaja.

## Literatura

- Chen, G.X., Sieber, W.K., Lincoln, J.E., Birdsey, J., Hitchcock, E.M., Nakata, A., Robinson, C.F., Collins, J.W., Sweeney, M.H., 2015. NIOSH national survey of long-haul truck drivers : Injury and safety. *Accid. Anal. Prev.* 85, 66–72. doi:10.1016/j.aap.2015.09.001
- Diependaele, K., 2015. Sleepy at the wheel . Analysis of the extent and characteristics of sleepiness among Belgian car drivers. doi:10.13140/RG.2.1.1696.7521
- HORNE, J., 1992. Human slow-wave sleep and the cerebral cortex. *J. Sleep Res.* 1 2 , 122–124. doi:10.1111/j.1365-2869.1992.tb00023.x
- IRTAD, 2015. Road Safety Annual Report 2015, Oecd. doi:10.1787/irtad-2015-en
- Lipovac, K., Pešić, D., Davidović, J., 2016. Baze podataka kao osnov za upravljanje umorom u transportnim kompanijama, in: 13. Međunarodni Simpozijum “Prevenција Saobraćajnih Nezgoda.” pp. 119–126.
- Klauer, S.G., Dingus, T.A., Neale, V.L., Tech, V., Carroll, R.J., 2003. The effects of fatigue on driver performance for single and team long-haul truck drivers 4–6.
- Mohamed, N., Mohd-yusoff, M., Othman, I., Zulkipli, Z., 2012. Fatigue-related crashes involving express buses in Malaysia : Will the proposed policy of banning the early-hour operation reduce fatigue-related crashes and benefit overall road safety ? *Accid. Anal. Prev.* 45, 45–49. doi:10.1016/j.aap.2011.09.025
- Obst, P., Armstrong, K., Smith, S., Banks, T., 2011. Age and gender comparisons of driving while sleepy: Behaviours and risk perceptions. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 14 6 , 539–542. doi:10.1016/j.trf.2011.06.005
- Phillips, R.O., Sagberg, F., 2013. Road accidents caused by sleepy drivers: Update of a Norwegian survey. *Accid. Anal. Prev.* 50, 138–146. doi:10.1016/j.aap.2012.04.003
- Radun, I., Radun, J., Wahde, M., Watling, C.N., Kecklund, G., 2015. Self-reported circumstances and consequences of driving while sleepy. *Transp. Res. Part F Psychol. Behav.* 32, 91–100. doi:10.1016/j.trf.2015.05.004
- Radun, I., Radun, J.E., 2009. Convicted of fatigued driving: Who, why and how? *Accid. Anal. Prev.* 41 4 , 869–875. doi:10.1016/j.aap.2009.04.024
- Radun, I., Radun, J.E., 2006. Seasonal Variation of Falling Asleep while Driving: An Examination of Fatal Road Accidents. *Chronobiol. Int.* 23 5 , 1053–1064. doi:10.1080/07420520600921096
- Radun, I., Summala, H., 2004. Sleep-related fatal vehicle accidents: characteristics of decisions made by multidisciplinary investigation teams. *Sleep* 27 2 , 224–7.
- Sparrow, A.R., Mollicone, D.J., Kan, K., Bartels, R., Satterfield, B.C., Riedy, S.M., Unice, A., Dongen, H.P.A. Van, 2016. Naturalistic field study of the restart break in US commercial motor vehicle drivers : Truck driving , sleep , and fatigue. *Accid. Anal. Prev.* 93, 55–64. doi:10.1016/j.aap.2016.04.019
- Thiffault, P., Bergeron, J., 2003. Monotony of road environment and driver fatigue : a simulator study 35, 381–391.
- Torregroza-vargas, N.M., Pablo, J., Ramos-bonilla, J.P., 2014. Fatigue and crashes : The case of freight transport in Colombia. *Accid. Anal. Prev.* 72, 440–448. doi:10.1016/j.aap.2014.08.002
- Watling, C.N., Armstrong, K.A., Radun, I., 2015. Examining signs of driver sleepiness, usage of sleepiness countermeasures and the associations with sleepy driving behaviours and individual factors. *Accid. Anal. Prev.* 85, 22–29. doi:10.1016/j.aap.2015.08.022
- Williamson, A., Friswell, R., 2013. The effect of external non-driving factors, payment type and waiting and queuing on fatigue in long distance trucking. *Accid. Anal. Prev.* 58, 26–34. doi:10.1016/j.aap.2013.04.017
- WHO, 2018. Road Safety Report.





# ANALIZA PROGNOZIRANIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA ZA BUDUĆI AUTOPUT POJATE – PRELJINA I UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

**Miloš Mladenović<sup>1</sup>, dipl. inž. saobr.**

*Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, mmlad239@gmail.com*

**Nemanja Stepanović, dipl. inž. saobr.**

*Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs*

**Miloš Petković, dipl. inž. saobr.**

*Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, m.petkovic@sf.bg.ac.rs*

**Rezime:** *Kvalitetna saobraćajna infrastruktura predstavlja jedan od preduslova za razvijanje privrednih aktivnosti na određenoj teritoriji, ali isto tako, posredno uzrokuje i neizbežne, negativne posledice po životnu sredinu. Imajući u vidu neraskidive uzajamne veze između privrednih aktivnosti i saobraćaja, prognoziranje saobraćajnih opterećenja predstavlja kompleksan zadatak. U fokusu ovog rada je uporedna analiza prognoziranih saobraćajnih tokova na potezu budućeg autoputa Pojate – Preljina, tzv. „Moravskog koridora“. Analizom su obuhvaćene dostignute vrednosti protoka na postojećem putnom koridoru, kao i prognoze date u okviru više neizvedenih projektnih rešenja za buduću autoput tokom prethodnih 15 godina. U okviru ovog rada, data je i prognoza rasta vrednosti saobraćajnog opterećenja predložena od strane autora, kao i analiza uticaja ovakvog razvoja (ne)realizacije projekta na životnu sredinu. Drugim rečima, i prerana i prekasna izgradnja autoputskog profila, po pitanju saobraćaja, otvara niz dilema sa stanovišta uticaja na životnu sredinu. Ukoliko postoje uslovi zasićenog saobraćajnog toka na mreži bez investicije, izgradnja dodatnih kapaciteta sigurno bi doprinela smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu, kao i efikasnosti saobraćajnog procesa, ali se postavlja pitanje, s obzirom na nivo saobraćajnog opterećenja, koja varijanta bi bila opravdana sa aspekta troškova emisije CO<sub>2</sub>.*

**Ključne reči:** *prognoza saobraćaja, Pojate – Preljina, uticaj na životnu sredinu*

## POJATE – PRELJINA MOTORWAY TRAFFIC FORECAST AND ENVIROMENTAL IMPACT

**Miloš Mladenović<sup>1</sup>, B.S.T.E.**

*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, mmlad239@gmail.com*

**Nemanja Stepanović, M.S.T.E.**

*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs*

**Miloš Petković, M.S.T.E.**

*Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, m.petkovic@sf.bg.ac.rs*

**Abstract:** *High-quality transport infrastructure represents one of the basic prerequisites for industry development, but it also causes inevitable negative effects on the environment. Bearing in mind the inseparable interconnections between economic activities and traffic, the forecasting of traffic volumes is a complex task. The focus of this paper is the comparative analysis of the forecasted traffic flows on the future Pojate - Preljina motorway, the so-called "Moravian Corridor". The analysis has covered the achieved values of traffic volumes on the existing road corridor, as well as the forecasts given in the framework of several unrealized design solutions for the future motorway over the past 15 years. Within this paper, authors proposed their own forecast of the traffic volumes' increase, as well as the analysis of the impact of (non) implementation of the projects on the environment. In other words, either starting motorway construction too early or too late, in terms of traffic, opens a series of dilemmas from the point of environmental impact. If conditions in the traffic flow are saturated on the network without an investment, the construction of additional capacity would certainly contribute to the reduction of negative environmental impacts as well as the efficiency of the existing traffic, but the question arises, given the level of traffic load, which variant would be justified from the aspect of costs CO<sub>2</sub> emissions.*

**Keywords:** *traffic load forecast, Pojate – Preljina, environmental impact*

### 1. UVOD

U vreme ograničenih budžetskih sredstava i rastućih troškova održavanja postojeće putne mreže, racionalan pristup u planiranju i investiranju u putnu infrastrukturu je od suštinskog značaja. Kvalitetno povezivanje saobraćajnih težišta na teritoriji države garantuje privredni prosperitet i viši standard života stanovnika. S druge strane, intenzivni saobraćajni tokovi sa sobom nose i niz neželjenih posledica, poput zagušenja, saobraćajnih nezgoda, buke i zagađenja životne sredine. Jedan od neizbežnih zagađivača koga emituju gotovo sva savremena prevozna sredstva, bilo direktno ili indirektno, jeste ugljen-dioksid. Transportni sektor učestvuje sa čak 21% u ukupnoj emisiji ugljen-dioksida na globalnom nivou. Zagađenje životne sredine

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: mmlad239@gmail.com

poslednjih godina dolazi u fokus javnosti usled sve većih posledica po zdravlje ljudi i kvalitet života u velikim gradovima. Usled aktuelnosti, ozbiljnosti i razmere problema, do sada je razvijeno mnogo različitih alata i pristupa kako bi se emisija izduvnih gasova smanjila i kontrolisala. Kako je emisija štetnih gasova u direktnoj korelaciji sa stilom vožnje i uslovima u saobraćajnom toku, mere koje se preduzimaju u cilju sprečavanja nastajanja zagušenja pomažu i kod smanjenja emisije zagađivača. U ovom radu, autori su ispitali uticaj primene odgovarajućih poprečnih profila vangradskih saobraćajnica na količinu emitovanog ugljen-dioksida. Potrebno je kvantifikovati sve troškove i koristi kako bi se pouzdano utvrdilo optimalno rešenje, ali inicijalni rezultati ulivaju nadu da je moguće značajno smanjiti uticaj na životnu sredinu adekvatnim dimenzionisanjem saobraćajnice po meri zahteva saobraćaja.

## 2. PREGLED LITERATURE

Kao pogonski sklopovi u savremenim motornim vozilima najčešće se koriste motori sa unutrašnjim sagorevanjem. Motor sa unutrašnjim sagorevanjem konvertuje energiju uskladištenu u gorivu iz toplotne u mehaničku. Nusproizvod ovog procesa je ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>). Sagorevanje jednog litra goriva proizvodi približno 2.5 kg CO<sub>2</sub>. Gradivni elementi svakog fosilnog goriva su atomi ugljenika i vodonika. U toku sagorevanja, ugljenik (C) iz goriva kombinuje se sa kiseonikom (O<sub>2</sub>) iz vazduha i na taj način nastaje ugljen-dioksid (Natural Resources Canada, 2014).

Kako bi se tačno izračunala emisija CO<sub>2</sub>, prvo je neophodno utvrditi potrošnju goriva motornog vozila na 100 km pređenog puta. Prema modelu razvijenom od strane Ministarstva transporta i infrastrukture australijske države Kvinslend, osnovna potrošnja goriva je bazirana na energetskej efikasnosti agregata vozila (štedljivosti) i brzini kretanja. Faktori, odnosno parametri koji se koriste u modelu prikazani su u Tabeli 1.

**Tabela 1. Faktori potrošnje goriva**

Tip vozila (TV)	Square	Reciprocal	Const.
	<b>Faktor 3</b>	<b>Faktor 2</b>	<b>Faktor 1</b>
<b>PA</b>	0.0054	1526.2	37.3
<b>LTV+STV</b>	0.0114	1883	38.9
<b>BUS</b>	0.0131	5451.1	69.4
<b>TTV+AV</b>	0.158	9621.1	118.6

Izvor: (Fuel, Cost-benefit Analysis manual, 2011)

Nakon definisanja vrednosti osnovnih parametara modela i brzine kretanja svakog tipa vozila, osnovna potrošnja goriva u litrima na 1000 km se može izračunati primenom sledećeg modela:

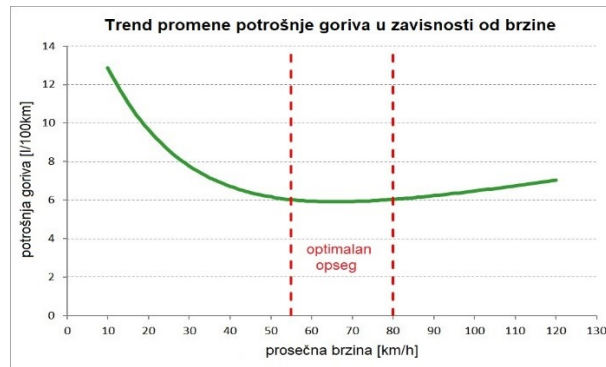
$$BFC(TV) = Square(TV) * OS^2 + \frac{Reciprocal(TV)}{OS(TV)} + Constant(TV) \quad (1)$$

- gde je:
- $BFC(TV)$  – osnovna potrošnja goriva za svaki tip vozila;
  - $Square(TV)$  – parametar modela;
  - $OS(TV)$  – brzina kretanja za koju se računa potrošnja;
  - $Reciprocal(TV)$  – parametar modela i
  - $Constant(TV)$  – parametar modela.

Osnovni model potrošnje goriva isključuje druge specifične faktore koji utiču na potrošnju goriva motornog vozila i predstavlja ulazni parametar za izračunavanje stvarne potrošnje. Stvarna potrošnja u litrima na 1000 kilometara izračunava se dodavanjem niza faktora vezanih za nagib, zakrivljenost, stepen zagušenja i stanje kolovoza. (Fuel, Cost-benefit Analysis manual, 2011)

Vozači različitih kategorija vozila namenjenih drumskom saobraćaju imaju subjektivni osećaj da će na odredište, odnosno do cilja svog putovanja stići brže ukoliko se kreću većim brzinama. Međutim, pri većim brzinama u gradovima dolazi i do potrebe za čestim ubrzavanjem i usporavanjem vozila što utiče negativno na potrošnju goriva i druge potrošne elemente vozila. DriveGain, kompanija koja je razvila aplikaciju za štednju goriva, sprovela je istraživanje na uzorku od 10.000 putovanja kakav je trend promene potrošnje goriva u odnosu na brzinu kretanja vozila. Rezultati istraživanja pokazali su da se, za istu deonicu, pri brzini od 120 km/h može uštedeti do 4% goriva, pri brzini od 100 km/h može se uštedeti 9% goriva, dok se pri kretanju brzinom od 80 km/h ušteda u gorivu kreće čak do 15%. (DriveGain Analysis, 2012)

Na Slici 1. prikazan je trend promene potrošnje goriva u zavisnosti od brzine. Istraživanje je izvršeno na putničkom automobilu sa pogonskim agregatom manjim od 1400 cm<sup>3</sup>, koji zadovoljava Euro 4 normu.



**Slika 1.** Trend promene potrošnje goriva u zavisnosti od brzine  
Izvor: (Samaras, Ch. 2012)

Sa slike se može uočiti da je za opseg brzina od 0 do 30 km/h potrošnja goriva veoma visoka što je karakteristično za vožnju u gradovima, naročito u vršnim satima kada je stepen zagušenja izuzetno visok. Prilikom rasta brzine iznad 30 km/h, potrošnja postaje niža (opseg 30 – 55 km/h) dok je pri brzini od 55 km/h do 80 km/h potrošnja goriva najniža. Iz ove činjenice može se zaključiti da će potrošnja goriva na 100 kilometara pređenog puta za vozilo koje se kreće prosečnom brzinom od 55km/h biti slična sa potrošnjom koju realizuje vozilo koje se kreće brzinom od 80 km/h, ali nesporno je da doći do značajne razlike u vremenu putovanja. Pri brzinama od preko 80 km/h potrošnja goriva raste uporedno sa brzinom (Samaras, Ch. 2012). Ove tvrdnje se podudaraju sa istraživanjem sprovedenim od strane Ministarstva energetike Sjedinjenih Američkih Država (SAD), gde je istaknuto da je optimalna brzina za ekonomičnu vožnju oko 80 km/h.

Tipično putovanje sastoji se od praznog hoda, ubrzavanja, konstantne brzine i usporavanja. Procenat vremena putovanja provedenog u ovim različitim fazama zavisi od stila vožnje (npr. agresivni, defanzivni i sl.), vrste saobraćajnice (gradska i vangradska mreža), stepena zagušenja u saobraćajnom toku i dr. Količina CO<sub>2</sub> koja se emituje tokom putovanja varira u zavisnosti od navedenih faktora.

Očekuje se da svako smanjenje ograničenja brzine na autoputu bude praćeno manjom potrošnjom goriva i posledično emisijom CO<sub>2</sub>. Smanjenje ograničenja brzine na autoputu sa 120 na 110 km/h moglo bi da donese uštedu goriva za putničke automobile od 12% (za dizel motore) do 18% (za benzinske motore), uz pretpostavku da se vozila kreću konstantnom brzinom u skladu sa važećim ograničenjem. (European Environment Agency (2011) Speed Limit)

Istraživači sa Univerziteta Kalifornija u Riversajdu razvili su više modela za procenu emisije CO<sub>2</sub> u zavisnosti od tipa vozila. Modelom za proračun emisije CO<sub>2</sub> prilikom putovanja poznatom (ustaljenom) trasom dobijen je rezultat da putnički automobil emituje u proseku 205 grama ugljen-dioksida po pređenom kilometru. Ako se usled zagušenja prosečna brzina vozila smanji ispod 70 km/h (za scenario autoputa), emisije CO<sub>2</sub> se povećavaju. Vozila provode više vremena na putu, što rezultuje većom emisijom CO<sub>2</sub>. Ukoliko uslovi u saobraćajnom toku ne dozvoljavaju razvijanje brzine veće od 85 km/h na mestima gde je brzina na 110 km/h, dolazi do smanjenja emisije CO<sub>2</sub>. Ako ublažavanje zagušenja podigne prosečnu brzinu toka na preko 105 km/h, to može povećati emisiju CO<sub>2</sub>. Homogenizacijom toka, odnosno eliminacijom „stani-kreni“ uslova u toku, takođe se smanjuje emisija CO<sub>2</sub> (Barth, M. & Boriboonsomsin, K. 2009).

Zvanični stav američke Vlade je da je društvena cena, odnosno šteta koju tona emitovanog ugljen-dioksida nanosi ekonomiji jednaka 37 američkih dolara (Shelanski, H. 2015). Šteta koju tona emitovanog ugljen-dioksida nanosi ekonomiji na globalnom nivou se kreće između 177 i 805 američkih dolara po toni. Prihvaćena cena za teritoriju SAD je oko 50 dolara po toni i nalazi se na drugom mestu na svetu, odmah iza Indije (\$90) (Rickie, K. et al. 2018) Cena koju saopštava ova grupa autora veća je za preko 30% od zvanične procene američke Vlade.

### 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Prethodno navedeno pruža osnovu za istraživanje i analizu prognoziranih saobraćajnih tokova i uticaja saobraćaja na životnu sredinu na budućim visoko kapacitivnim koridorima u Republici Srbiji.

Shodno tome, u cilju istraživanja, sprovedena je deskriptivna analiza prikupljenih podataka, koji su pritom podeljeni u četiri grupe. Prva grupa obuhvata podatke o realizovanom saobraćajnom opterećenju na državnom putu I B reda 23 od denivelisane raskrsnice „Pojate“ do raskrsnice na obilaznici oko Kruševca (Jasika) u periodu od 2005. do 2018. godine. Preostale tri grupe baziraju se na podacima o saobraćajnim prognozama iz projektnih dokumentacija za izgradnju autoputskog koridora na pomenutom potezu. Razmatrane su vrednosti date u Studijama iz 2008, 2012. i 2018. godine, za deo koridora od denivelisane raskrsnice „Pojate“ do denivelisane raskrsnice „Kruševac zapad“. Kako se, u oba slučaja, potez od denivelisane raskrsnice „Pojate“ do raskrsnice na obilaznici, odnosno denivelisane raskrsnice „Kruševac zapad“ sastoji od tri deonice, PGDS na ovom potezu dobijen je ponderisanjem vrednosti preko transportnog rada. Struktura saobraćajnog toka preuzeta je iz publikacija o brojanu saobraćaja JP „Putevi Srbije“ za prvu grupu podataka, dok je za ostale preuzeta iz projektne dokumentacije. Izuzetak je druga grupa, odnosno vrednosti iz prvog projektnog rešenja obuhvaćenog analizom. U okviru raspoložive dokumentacije nije bio dostupan ovaj podatak, te su usvojene prosečne realizovane vrednosti za svaku od kategorija, zabeležene u podacima JP „Putevi Srbije“ u periodu od 2011. do 2018. godine, takođe ponderisane preko transportnog rada. Struktura saobraćajnog toka u ovom radu posmatrana je kroz četiri kategorije. Laka i srednja teretna vozila svrstana su u istu kategoriju, kao i teška teretna vozila i autovozovi. Četiri definisane kategorije su: putnički automobili (PA), autobusi (BUS), laka i srednja teretna vozila (LTV+STV) i teška teretna vozila i autovozovi (TTV+AV).

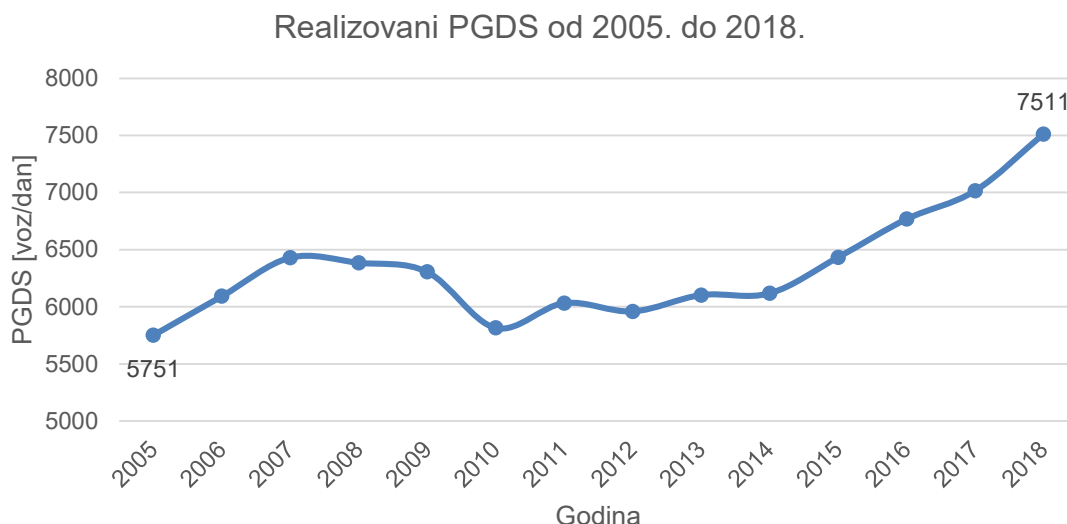
Pri proračunu prosečne potrošnje goriva, u zavisnosti od kategorija vozila i brzine kretanja, za prvu grupu podataka usvojena je prosečna vrednost brzine u periodu za koji su dostupni podaci sa automatskih brojača saobraćaja, odnosno od 2011. do 2018. godine. Brzina korišćena u proračunu za preostale tri grupe podataka jednaka je zakonski dozvoljenim ograničenjima brzine kretanja vozila za različite kategorije, odnosno: 130 km/h za putničke automobile, 100 km/h za autobuse, laka i srednja teretna vozila i 90 km/h za skupove vozila.

Potrošnja goriva za 100 km izračunata je uz pomoć modela razvijenog od strane australijske države Kvinslend i izloznog u tamošnjem Uputstvu za sprovođenje analiza troškova i koristi. Model se ispostavio kao izuzetno koristan, a dobijene vrednosti su potvrđene nezvaničnim upoređivanjem sa vrednostima potrošnje goriva za komercijalna vozila iz prakse. Primećen je problem kod vrednosti za potrošnju goriva putničkih automobila, a uzrok je pretpostavka u modelu da je benzin pogonsko gorivo za 100% putničkih automobila. Model u izvornom obliku pruža odgovarajuće procene vrednosti potrošnje goriva kod automobila sa benzinskim agregatom, ali ujedno, i znatno veće prosečne vrednosti potrošnje od realnih u Srbiji gde većinu voznog parka čine automobili sa dizelskim agregatom i nižom potrošnjom. Uvođenjem korektivnog, redukcionog faktora 0.5, na osnovu empirijskih podataka o potrošnji putničkih automobila sa dizel agregatom i udela takvih vozila u voznom parku u Srbiji, vrednosti potrošnje goriva za ovu kategoriju su normalizovane i dovedene u raspon na koji se najčešće nailazi u praksi.

U cilju proračuna troškova emisije ugljen-dioksida, bilo je potrebno ustanoviti ukupnu količinu potrošenog goriva, kao i količinu ugljen-dioksida emitovanog sagorevanjem istog. S toga je, na osnovu prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja, strukture saobraćajnog toka i prosečne potrošnje, izračunata ukupna količina potrošenog goriva na dnevnom nivou na deonici od autoputa A1 do obilaznice oko Kruševca za svaku od godina. Kako je tokom istraživanja utvrđeno da različiti autori sugerišu drugačije emitovane količine ugljen-dioksida iz jednog litra dizela, usvojena je jedinstvena vrednost od 2.5 kg/l. Zvanični stav američke Vlade je da je društvena cena, odnosno šteta koju tona emitovanog ugljen-dioksida nanosi ekonomiji jednaka 37 američkih dolara.

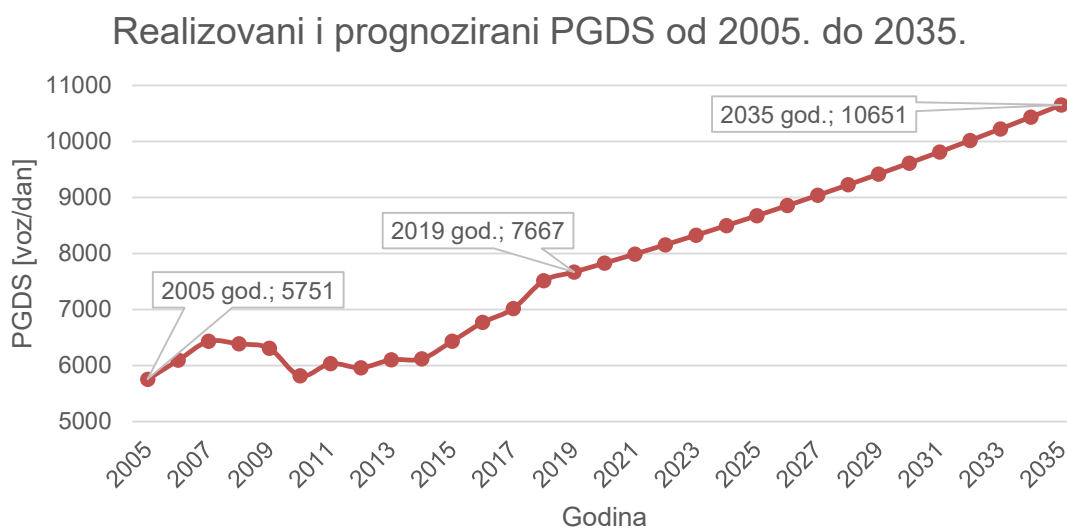
#### 4. REZULTATI

U ovom poglavlju grafički su prikazani i protumačeni rezultati deskriptivne, uporedne analize prognoziranih vrednosti saobraćajnog opterećenja, kao i količine i troškova emitovanog ugljen-dioksida. Promena određenih ulaznih parametara, među kojima se ističe eksploataciona brzina saobraćajnog toka, jasno je uticala na izlazne rezultate analize, odnosno na ukupne negativne posledice po životnu sredinu.



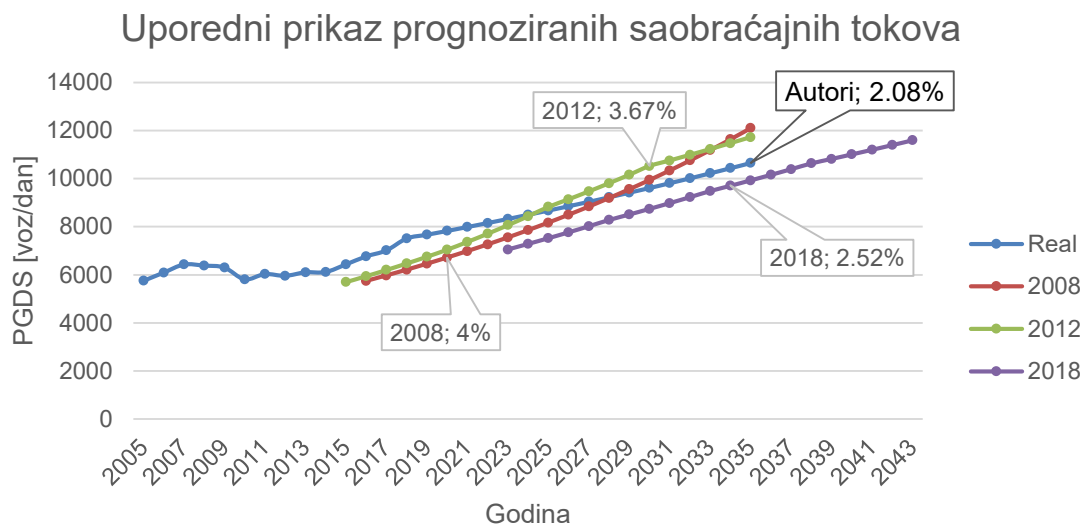
**Slika 2.** Prikaz realizovanog PGDS-a u periodu od 2005. do 2035. godine

Prosečna godišnja stopa rasta u celokupnom, varijabilnom, analiziranom periodu od 2005. do 2018. godine iznosu 2.08%. Na Slici 1. jasno su uočljivi „period oporavka“ koji se nastavlja 2005. godine i traje do stagnacije izazvane unutrašnjim prilikama od 2007. do 2009. godine. Uticaj svetske ekonomske krize 2010. godine jasno se manifestuje padom PGDS-a od skoro 10% za samo godinu dana. Počevši od 2014. godine jasno se uočava trend stabilnog rasta saobraćaja. Uzevši u obzir fluktuacije saobraćajnog opterećenja od 1990. godine do danas, autori su na osnovu dosadašnjih iskustava, izrađenih studija i korelativnih veza dali predlog budućeg, umerenijeg rasta protoka na Slici 3. Predložena godišnja stopa je pomenutih 2.08% i spada u domen pesimistično-realističnih prognoza.



**Slika 3.** Prikaz realizovanog i prognoziranog PGDS-a u periodu od 2005. do 2035. godine

Na Slici 4. uporedno su prikazane vrednosti prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja iz sve četiri grupe podataka. Prvu grupu obuhvata podatke o realizovanom saobraćajnom opterećenju na državnom putu IB reda 23, a preostale tri grupe baziraju se na podacima o saobraćajnim prognozama iz projektnih dokumentacija za izgradnju autoputskog koridora na pomenutom potezu.



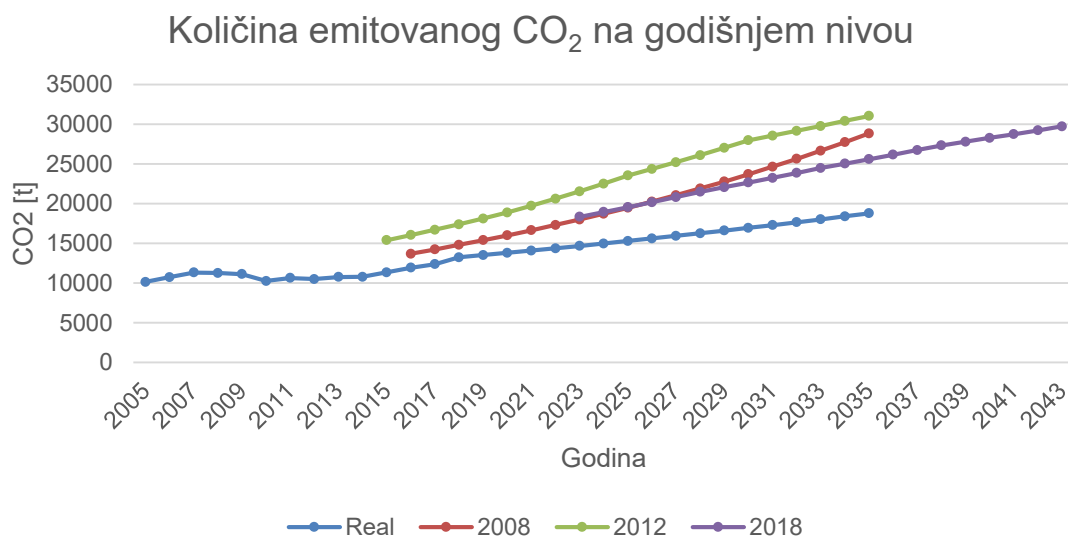
**Slika 4.** Uporedni prikaz prognoziranih saobraćajnih tokova

Primenjivane stope godišnjeg rasta saobraćaja na posmatranom potezu uglavnom su izrazito, čak i nerealno optimistični. Nagib, odnosno procentualna stopa relativno malo odstupa od proseka između rešenja, ali je interesantno da se uglavnom menjala vrednost opterećenja u baznoj godini. Takođe, moguće je dovesti izabrane trendove rasta u korelaciju sa opštim stanjem u društvu i privredinim prognozama u periodima izrade projektne dokumentacije. Shodno tome, najoptimističnija prognoza nalazi se u projektnom rešenju iz 2008. godine, pre svetske ekonomske krize, sa prosečnom godišnjom stopom rasta od 4%. Prati je prognoza data u projektu iz 2012. godine sa prosečnom stopom rasta od 3.67%. Prognoza iz 2018. godine je prilično umerenija i iznosi 2.52% na godišnjem nivou. Najnižu stopu rasta u ovom poređenju, odnosno 2,08%, dali su autori rada.

Usled relativno malog broja vozila, otvara se dilema da li postojeće i prognozirano saobraćajno opterećenje na ovom pravcu opravdava planiranje, izradu projekta i početak izgradnje međuprofila. U *Pravilniku o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti*, grubo su definisani odgovarajući poprečni profili vangradskih saobraćajnica u zavisnosti od saobraćajnog opterećenja. Navodi se da se podrazumeva da su pravci sa saobraćajnim opterećenjem većim od 20000 voz/dan izvedeni u autoputnom profilu, kao i da pravci na kojima je dostignut protok od 12000 voz/dan funkcionišu u formi određenog poprečnog profila dvotračnih puteva. Ukoliko pravac koristi između 12000 i 20000 voz/dan, preporučuje se razmatranje primene višetračnih poprečnih profila, tzv. međuprofila. Troškovi građenja i održavanja ove vrste puteva su, usled nižih funkcionalno-građevinskih kriterijuma, manji u poređenju s autoputevima. Ekološki troškovi, kao i troškovi održavanja vozila, uglavnom su niži usled manjih ograničenja i vrednosti eksploatacione brzine u saobraćajnom toku. Imajući u vidu da se podaci korišćeni u ovom radu odnose isključivo na vangradске saobraćajne tokove, pod „manjim brzinama“ se podrazumevaju brzine ispod 55 km/h. Troškovi vremena putovanja na saobraćajnicama koje pripadaju klasi međuprofila su nešto viši nego na u autoputu. Slična korelacija važi i za troškove saobraćajnih nezgoda, ali ne mora da znači. Kod dvotračnih puteva, odnosno u ovom slučaju na mreži bez investicije, postoji jasna korelativna zavisnost između veličine PGDS-a i broja saobraćajnih nezgoda. Nakon investiranja u dati putni pravac i preusmerenja postojećeg saobraćaja sa starog na novi put, dolazi do fenomena smanjenja broja saobraćajnih nezgoda, ali ne i posledica istih. Kako se troškovi saobraćajnih nezgoda najčešće definišu na osnovu ponderisanih posledica, moguće je, da će usled većih eksploatacionih brzina na autoputu u odnosu na međuprofil, broj saobraćajnih nezgoda biti sličan, ali će posledice biti teže.

U sledećem delu rada, prikazani su rezultati analize potrošnje goriva, odnosno količine emitovanog ugljen-dioksida u zavisnosti od eksploatacione brzine i strukture saobraćajnog toka. Logična hipoteza koja se nameće glasi da će emisija ugljen-dioksida biti manja pri manjoj potrošnji goriva, odnosno pri manjim eksploatacionim brzinama i brzinski homogenom saobraćajnom toku.

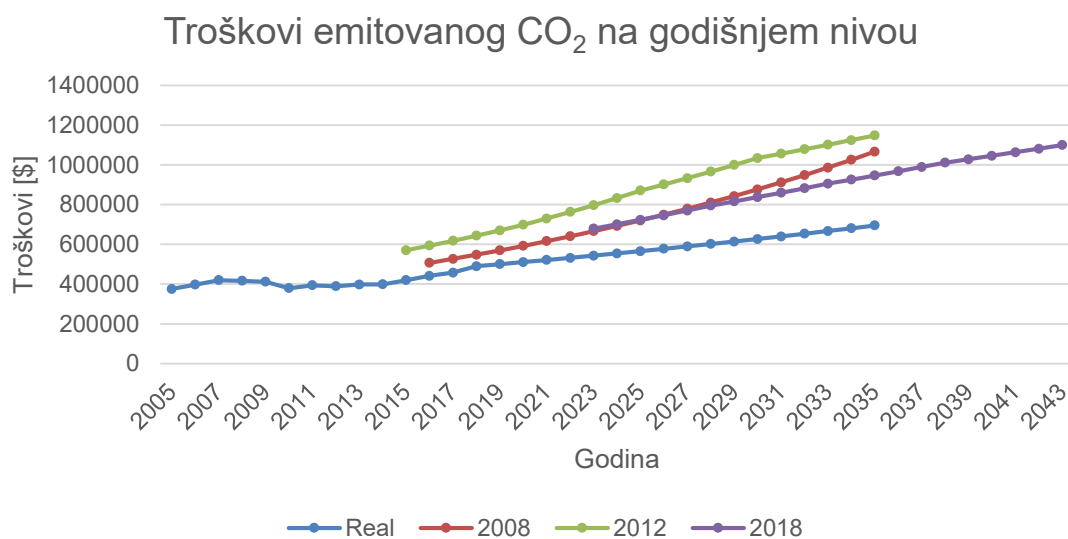
Na Slici 5. uporedno je prikazana količina emitovanog ugljen-dioksida za mrežu bez investicija sa postojećim i prognoziranim saobraćajnim opterećenjem, kao i za varijante iz projektnih rešenja za izgradnju autoputa.



**Slika 5.** Uporedni prikaz količine emitovanog ugljen-dioksida po godinama

Očekivano je da sa rastom saobraćaja raste i potrošnja goriva, a samim tim i emisija ugljen-dioksida. S druge strane, jasno se vidi razlika u trendu rasta količine emitovanog ugljen-dioksida s obzirom na brzinu kretanja. Iako je uzeta u obzir, strukturu saobraćajnog toka u ovom slučaju je moguće je i zanemariti jer su vrednosti slične za sve grupe podataka. Putnički automobili učestvuju sa oko 80%, autobusi sa 2%, laka i srednja teretna vozila sa 5 i teška teretna vozila i autovozovi sa oko 13%.

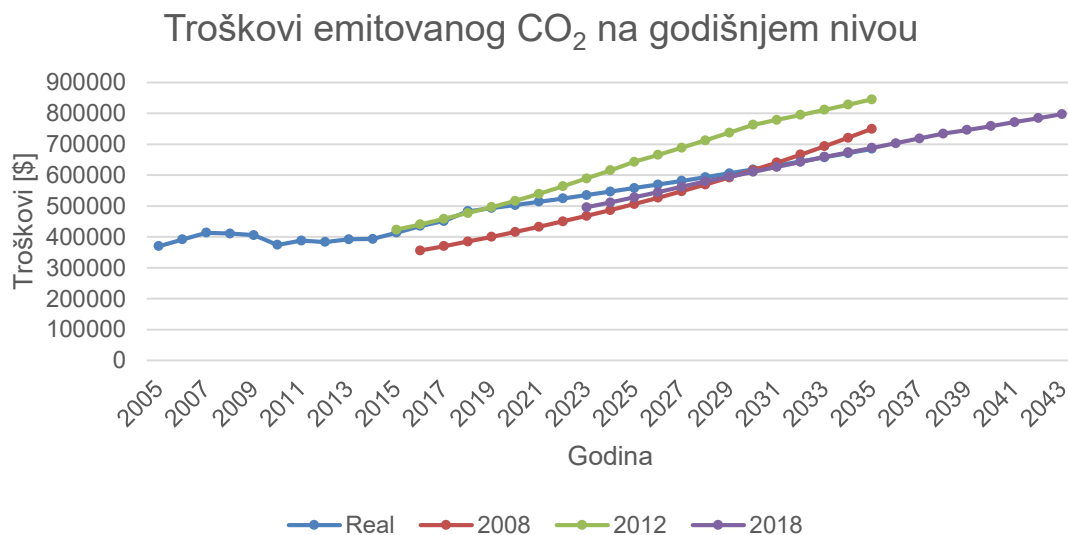
Na sledećoj slici prikazani su društveni troškovi, odnosno šteta koju emitovanje ugljen-dioksida u atmosferu prouzrokuje društvu u celini.



**Slika 6.** Uporedni prikaz troškova emitovanog ugljen-dioksida po godinama

Kako je otvoreno pitanje o razlici u količini i troškovima emisija ugljen-dioksida u slučaju izgradnje međuprofila sa eksploatacionom brzinom od 80 km/h umesto autoputa, na sledećoj slici dat je prikaz troškova emitovanog ugljen-dioksida identičnih saobraćajnih opterećenja iz sve četiri grupe podataka za zadanu brzinu.





**Slika 7.** Uporedni prikaz troškova emitovanog ugljen-dioksida za opšte ograničenje od 80 km/h

Na Slici 7. prikazani su troškovi emitovanog ugljen-dioksida na višetrakom putu pri opštem ograničenju brzine kretanja vozila od 90 ili 100 km/h. Uzete su iste vrednosti parametara saobraćajnog toka, odnosno saobraćajnog opterećenja i strukture toka. Potrošnja goriva, a ujedno i emisija i troškovi emisije ugljen-dioksida, prilagođeni su hipotetičkoj eksploatacnoj brzini od 80 km/h. Značajno je istaći da su troškovi za sva četiri klastera podataka znatno manji na godišnjem nivou u odnosu na troškove pri autoputskim brzinama. Takođe, dolazi do preseka, odnosno identičnih troškova emisije ugljen-dioksida oko 2030. godine. Konkretno, pri poređenju troškova emisija ugljen-dioksida za podatke iz druge projektne dokumentacije (2012.god.) apsolutne razlike u troškovima između scenarija realizacije saobraćajnog procesa na autoputskom profilu (eksploatacna brzina oko 115 km/h) i na međuprofilu (eksploatacna brzina oko 80 km/h), odnosno uštede, idu i do \$300.000 godišnje. Procentualne razlike su takođe značajne i dosežu preko 35%.

## 5. DISKUSIJA

Prikazane razlike u troškovima ne predstavljaju ništa drugo nego uštede u ekološkim troškovima eksploatacije saobraćajnice. Međuprofilu predstavljaju racionalan investicioni pristup u slučajevima kada je dnevni protok vozila između 12 i 20 hiljada, u uslovima teškog terena, na pravcima sa izraženim sezonskim neravnomernostima i sl. Češćom primenom rešenja u vidu međuprofila, odnosno tzv. „brzih puteva“, umesto izgradnje autoputeva na pravcima gde postoji umeren vangradski saobraćaj s blagom stopom rasta, stvorili bi se uslovi za brži privredni razvoj na većem delu teritorije. Drugim rečima, teritorija i saobraćajna težišta bi se brže i jeftinije povezala, a visokim nivoom usluge na novoizgrađenoj saobraćajnici garantovao bi se neometan i pouzdan transport ljudi i robe, kao i brzo delovanje u cilju zaštite teritorije.

Saobraćajne analize su pokazale da trenutno ne postoji zagušeno ili forsirano stanje u saobraćajnom toku na posmatranom putnom koridoru. Troškovi eksploatacije vozila su niski usled korektnosti geometrije i kolovoznog zastora. Isto važi i za ekološke troškove usled relativno niske eksploatacne brzine u toku za vangradske uslove i odsustvo zagušenja na mreži. Troškovi održavanja puta su takođe niži od troškova održavanja bilo koje višetrakne saobraćajnice i ne mogu se porediti. S druge strane, troškovi vremena putovanja i troškovi saobraćajnih nezgoda su sigurno viši na postojećoj mreži bez investicije. U racionalnom planiranju razvoja mreže, mora se izvršiti precizna kvantifikacija svih troškova i koristi koje iz njih proizilaze, odnosno proći kroz kompleksan proces vrednovanja različitih rešenja.

## 6. ZAKLJUČAK

Proizvodnja i eksploatacija fosilnih pogonskih goriva ima dalekosežne posledice po životnu sredinu čoveka. Neposredne posledice su svakodnevno vidljive, najčešće u formi zagađenja vazduha i zemljišta. Posredne posledice su višestruko teže i obuhvataju rast broja respiratornih, kancerogenih i drugih oboljenja, kao i efekat staklene bašte, odnosno globalno zagrevanje. Dominantan uticaj na manifestaciju i pojačavanje efekta staklene bašte imaju gasovi poput metana i ugljen-dioksida, koji se trenutno ispuštaju u atmosferu u količinama koje su prevelike za obradu, odnosno razgradnju od strane drveća, planktona i dr. Pretpostavlja

se da je drumski transport, koji se izrazito oslanja na motore sa unutrašnjim sagorevanjem, izvor oko 21% ukupnih emisija ugljen-dioksida na svetu. Uprkos kontinualnom napretku tehnologije prečišćavanja izduvnih gasova na vozilima, trend rasta broja vozila na svetskom nivou je i dalje za jedan korak ispred i zagađenje još uvek nije stavljeno pod kontrolu. Uvođenje električnih vozila predstavlja jedno od mogućih rešenja, ali se postavlja pitanja koliko je ukupan energetski otisak takvih vozila i da li se zagađenje njihovim korišćenjem zaista smanjuje ili se samo izmešta.

Na emisije ugljen-dioksida takođe se može uticati i na druge načine, poput nekih pomenutih u ovom radu. Homogenizacija brzina u saobraćajnom toku predstavlja jedan od njih. U uslovima zagušenja ili visokih brzina dolazi do sagorevanja znatno veće količine goriva. Pri umerenim i ravnomernijim brzinama izražena je niža potrošnja pogonskog goriva, što za posledicu ima emitovanje manje količine štetnih gasova. Jedan od načina za obezbeđenje navedenih uslova u saobraćajnom toku predstavlja i investiranje u infrastrukturu, odnosno dodavanje neophodnih kapaciteta na delovima mreže u cilju sprečavanja nastanka zagušenja. Drugi način je implementiran u pojedinim zemljama Zapadne Evrope u vidu smanjenja ograničenja dozvoljene brzine kretanja na autoputskim prilazima gradovima. Sigurno je da će problem efekta staklene bašte, gasova koji ga uzrokuju i posledica koje donosi i dalje u godinama i decenijama koje dolaze biti u žiži kako stručne, tako i opšte javnosti. Problem je jako ozbiljan i može da eskalira u nekontrolisano stanje ukoliko se čovečanstvo iskreno i pravovremeno ne posveti shvatanju razmere problema i menjanju svojih navika.

## LITERATURA

- [1] Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2009. Traffic Congestion and Greenhouse Gases. Access Magazine. No 35: 2-9
- [2] DriveGain Analysis (2012). Licence Bureau. London, UK
- [3] Fuel, Cost-benefit Analysis manual (2011). First Edition. Department of Transport and Main Roads. Queensland Government. 27-30
- [4] Natural Resources Canada (2014). Fuel consumption and CO2. (on-line) available at: [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oeef/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart\\_factsheet\\_6\\_e.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oeef/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_6_e.pdf) (23.05.2019)
- [5] Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti (Sl. glasnik RS broj 50/11)
- [6] Rickie, K., Drouet L., Caldeira, K., Tavoni, M. (2018). Country-level Social Cost of Carbon. Nature Climate Change 8, 895-900
- [7] Samaras, Ch. 2012. Optimal Car Average Speed for minimum fuel consumption. MyEngineering World.
- [8] Shelanski, H. 2015. Refining Estimates of Social Cost of Carbon. Office of Information and Regulatory Affairs at the Office of Management and Budget, USA. (on-line) available at: <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2013/11/01/refining-estimates-social-cost-carbon>
- [9] European Environment Agency (2011) Speed Limit. (on-line) available at: <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/speed-limits> (25.05.2019)



## UTICAJ MREŽE ŠUMSKIH PUTEVA I VLAKA NA INTENZITET POVRŠINSKOG OTICAJA I EROZIONIH PROCESA NA SLIVU JELOVIČKE REKE U PARKU PRIRODE „STARA PLANINA“

Ratko Ristić<sup>1\*</sup>, Vukašin Milčanović<sup>1</sup>, Siniša Polovina<sup>1</sup>, Ivan Malušević<sup>1</sup>, Boris Radić<sup>1</sup>, Zoran Nikić<sup>1</sup>, Igor Petrović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, ratko.ristic@sfb.bg.ac.rs

<sup>2</sup>JP „Srbijašume“, Šumsko gazdinstvo „Piroć“, Piroć

**Rezime:** Unutar šumskog područja Stare planine dominiraju nekategorisani kamionski putevi, bez odvodnih kanala. Postojeći putni propusti, postavljeni obično na mestima ukrštanja šumskih puteva i lokalnih bujičnih vodotokova, usled neodržavanja i začepljenja (granjem, kamenjem, šljunkom i peskom) izazivaju zadržavanje i izlivanje vode na kolovoz, što dovodi do njegovog oštećenja ili destrukcije. Istraživano područje se nalazi na delu sliva Jelovičke reke, u Parku prirode „Stara planina“, na kome šumske površine zauzimaju 91,78%. Prostor je relativno dobro otvoren mrežom šumskih puteva, ali je malo učešće puteva sa tvrdim zastorom, odvodnim kanalima i odgovarajućim propustima. Tokom 2017. i 2018. godine sprovedeno je istraživanje čiji je cilj bio da se utvrdi nivo uticaja mreže šumskih puteva i vlaka na intenzitet površinskog oticaja i erozionih procesa. Ukoliko su šumske vlake građene na tvrdoj podlozi, sa malim padom trase i obazrivo se koriste, ostaju stabilne u dužem vremenskom periodu, uprkos pojavi intenzivnih padavina i nedostatku evakuacionih organa (drenažni kanali i putni propusti). Pojedine vlake, posle perioda eksploatacije drvne mase, prepuštaju se procesu spontanog obrastanja autohtonom vegetacijom, što doprinosi procesu njihove stabilizacije. Istovremeno, šumske vlake na erodibilnoj podlozi brzo se transformišu u jaruge, koje tako postaju idealni transportni koridori za erodirani materijal i površinski oticaj, što za posledicu ima destrukciju puta.

**Ključne reči:** šumski put, vlaka, jaružasta erozija, površinski oticaj.

## FOREST ROAD AND SKID TRAIL NETWORK IMPACTS ON SURFACE RUNOFF AND EROSION INTENSITY IN THE JELOVIČKA RIVER WATERSHED - “STARA PLANINA“ NATURE PARK

Ratko Ristić<sup>1\*</sup>, Vukašin Milčanović<sup>1</sup>, Siniša Polovina<sup>1</sup>, Ivan Malusević<sup>1</sup>, Boris Radić<sup>1</sup>, Zoran Nikić<sup>1</sup>, Igor Petrović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade Faculty of Forestry, ratko.ristic@sfb.bg.ac.rs

<sup>2</sup>PE "Srbijašume" Forest estate "Piroć", Piroć

**Summary:** The forest area of Mt. Stara planina is dominated by unclassified truck roads without drainage channels. The existing culverts are usually located at the intersection of forest roads and local torrential watercourses. The lack of maintenance and clogging (branches, stones, gravel and sand) cause water retention and overflow on the driveway, resulting in damage or destruction. The investigated area is located in the Jelovicka River watershed as part of the Stara Planina Nature Park, where forest areas occupy 91.78% of the area. The openness of the area with a network of forest roads is relatively good, but there is little involvement of roads with hard surfacing, drainage channels and suitable culverts. In 2017 and 2018, a research was carried out to determine the level of impacts of the network of forest roads and skid trails on the intensity of surface runoff and erosion processes. If forest skid trails are built on a hard surface, with a slight fall of the route and used cautiously, they remain stable for a long period of time, despite the occurrence of intense rainfall and lack of evacuation facilities (drainage channels and culverts). After the period of wood mass exploitation, some skid trails are left to the process of spontaneous overgrowth with indigenous vegetation, which contributes to the process of their stabilization. At the same time, skid trails on erodible surfaces are rapidly transformed into gullies, which thus become ideal transport corridors for eroded material and surface runoff, resulting in road destruction.

**Keywords:** forest road, skid trail, gully erosion, surface runoff

## 1. UVOD

Mreža šumskih saobraćajnica (putevi i vlake) često predstavlja značajan izvor erozionog materijala i dominantan transportni koridor za površinski oticaj, čime pomaže brzo generisanje bujičnih poplavnih talasa, sa visokim učešćem čvrste faze. Intenzitetu procesa doprinose šumski putevi bez evakuacionih organa za površinsku vodu, neadekvatno dimenzionisani i loše održavani kanali i putni propusti, kao i zapuštene vlake koje se vremenom transformišu u jaruge [1]. Istraživano područje (Gazdinska jedinica "Stara planina I-Široke Luke", Park prirode „Stara planina“, deo sliva Jelovičke reke) je relativno dobro otvoren mrežom šumskih puteva ( $12,2 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ali je malo učešće ( $2,84 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) puteva sa tvrdim zastorom i odvodnim kanalima (slika 1). Dominiraju nekategorisani (šumski kamionski) putevi sa mekim zastorom, bez odvodnih kanala, gde je česta pojava tečenja po površini kolovoza. Postojeći putni propusti, postavljeni obično na mestima ukrštanja šumskih puteva i lokalnih vodotokova, usled neodržavanja i začepljenja (granjem, kamenjem, šljunkom i peskom) izazivaju zadržavanje i izlivanje vode na kolovoz, što dovodi do njegovog oštećenja ili destrukcije. Takođe, česta je i situacija kada na mestu ukrštanja puta i vodotoka dolazi do intenzivnog tečenja po kolovozu, usled nepostojanja propusta (slika 2), erodiranja i oštećenja trupa puta. Brojne šumske vlake pomažu u efikasnijoj eksploataciji šumskog fonda i ukoliko su građene na tvrdoj podlozi, sa malim padom trase (do 2%) i obazrivo se koriste, ostaju stabilne u dužem vremenskom periodu, uprkos pojavi intenzivnih padavina i nedostatku evakuacionih organa (drenažni kanali i putni propusti). Pojedine vlake, posle perioda eksploatacije drvene mase, prepuštaju se procesu spontanog obrastanja autohtonom vegetacijom, što doprinosi njihovoj stabilizaciji. Istovremeno, šumske vlake na erodibilnoj podlozi, mekanog kolovoza i prevelikog opterećenja tokom perioda intenzivne eksploatacije, brzo se transformišu u jaruge (slika 3). Na taj način postaju idealni transportni koridori za erodirani materijal i površinski oticaj (slika 4), dok negativne efekte trpe putevi kojima vlake gravitiraju. Usmeravanje većih količina erozionog materijala i površinskog oticaja na šumske puteve koji nemaju kvalitetan, dobro sabijen kameni materijal na kolovozu, a formirani su bez evakuacionih organa, veoma brzo dovodi do erodiranja trupa puta, odnošenja materijala i proboja matične stene na površinu terena.



**Slika 1.** Šumski put sa tvrdim zastorom i drenažnim kanalom  
(putni pravac: „Dom Široke luke - Ribnja bara“; X=7650483.03, Y=4790821.91)



**Slika 2.** Ukrštanje šumskog puta (bez propusta) sa vodotokom (putni pravac „Ribnja bara - Javor“; X=7651650.53, Y=4791094.80)



**Slika 3.** Šumska vlaka sa pojavom jaružaste erozije (X=7650427.48, Y=4790638.24)



**Slika 4.** Šumska vlaka kao transportni koridor za erozioni materijal i površinski oticaj  
( $X=7650183.41$ ,  $Y=4794574.54$ )

Inventura šumskih puteva i vlaka ima za cilj utvrđivanje trenutnog kvantitativnog i kvalitativnog stanja mreže saobraćajnica i izradu baze podataka (katastar puteva i vlaka), čime se unapređuju planiranje, izgradnja i održavanje objekata na istraživanom području. Katastar šumskih puteva i vlaka predstavlja sadržajan i detaljan skup podataka, formiran kao otvoren, korisnički orijentisan sistem, koji može biti korišćen u dužem vremenskom periodu, podložan izmenama i dopunama u skladu sa potrebama [2]. Dodatno, predstavlja polaznu informacionu bazu za izradu novih saobraćajnih studija, različitih nivoa detaljnosti i otvara mogućnost kritičkog sagledavanja koncepta transporta unutar gazdinske jedinice.

## 2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Opis stanja istraživanog područja načinjen je na osnovu terenskih istražnih radova koji su izvedeni u periodu od avgusta 2017. do oktobra 2018. godine. Korišćena je sva dostupna dokumentacija, kao i raspoložive podloge. Kategorizacija šumskih puteva izvršena je prema *Pravilniku o korišćenju šumskih saobraćajnica Javnog preduzeća za gazdovanje šumama „Srbijašume“* (Sl. glasnik RS, br. 93/2016): osnovnu mrežu saobraćajnica čine šumski putevi, koji su pretežno namenjeni za kretanje kamiona, a mogu biti sa kolovozom (tvrdi zastor) i bez kolovoza (meki zastor); dopunsku mrežu saobraćajnica čine šumske vlake, namenjene za izvlačenje drvene mase do stovarišta na šumskim putevima. Snimanje trasa šumskih puteva i vlaka, kritičnih tačaka (ukrštanja sa vodotokovima) i profila gde se šumske vlake spajaju sa kamionskim putevima, izvršeno je primenom Globalnog sistema pozicioniranja (GPS), korišćenjem uređaja *Garmin GPSMAP 60CSx* i *Garmin OREGON N550*. Formirani su *shapefiles* sa trasama saobraćajne infrastrukture koja je snimljena na terenu. Formirana je atributna tabela sa podacima o oznaci (redni broj puta), dužini, kolovoznoj konstrukciji i sistemu za evakuaciju vode sa površine kolovoza (slika 5).

OBJEKT	SHAPE	RED BR	KOD	Kanal	Opis	SHAPE Length
3	Polyline	1	1	1	Kamionski put od Vizitorskog centra do Doma Siroke luke	8385,241505
25	Polyline	2	1	1	Kamionski put od Doma Siroke Luke do ribne Banje	1511,168833
1	Polyline	3	2	0	Kamionski put Jelovička reka - Mala reka	6254,954195
6	Polyline	4	2	0	Kamionski put od Doma Siroke luke do Kaca kamen	3630,812986
10	Polyline	5	2	0	<Null>	2987,610617
12	Polyline	6	2	0	<Null>	665,173822
13	Polyline	7	2	0	<Null>	2255,316922
14	Polyline	8	2	0	Kaca kamen Debeli rit	1853,44862
16	Polyline	9	2	0	<Null>	65,16756
19	Polyline	10	2	0	<Null>	750,539196
20	Polyline	11	2	0	<Null>	884,605012
21	Polyline	12	2	0	<Null>	1698,364723
23	Polyline	13	2	0	<Null>	4379,872922
24	Polyline	14	2	0	<Null>	1398,196491
26	Polyline	15	2	0	<Null>	744,433785
27	Polyline	16	2	0	<Null>	2281,03561
40	Polyline	17	2	0	<Null>	301,171664
42	Polyline	18	2	0	<Null>	986,996583
43	Polyline	19	2	0	<Null>	591,262978
46	Polyline	20	2	0	<Null>	637,29892
5	Polyline	21	3	0	Vlaka ide do doma Siroke luke	1581,879803
7	Polyline	22	3	0	<Null>	3997,680228
8	Polyline	23	3	0	<Null>	323,056161
9	Polyline	24	3	0	<Null>	474,085341
11	Polyline	25	3	0	<Null>	263,370501
15	Polyline	26	3	0	<Null>	809,611014
22	Polyline	27	3	0	<Null>	498,918655
28	Polyline	28	3	0	<Null>	192,153192
29	Polyline	29	3	0	<Null>	309,081741
30	Polyline	30	3	0	<Null>	75,312576
32	Polyline	31	3	0	<Null>	1989,872093
33	Polyline	32	3	0	<Null>	246,614564
34	Polyline	33	3	0	<Null>	934,617511
35	Polyline	34	3	0	<Null>	859,04342
36	Polyline	35	3	0	<Null>	426,027098
37	Polyline	36	3	0	<Null>	743,769406
38	Polyline	37	3	0	<Null>	192,719424
44	Polyline	38	3	0	<Null>	538,521554
45	Polyline	39	3	0	<Null>	920,583784

**Slika 5.** Primer za obrazac katastra puteva sa značenjem kodnih oznaka: vrsta puta, kolona „KOD“ (1–šumski put sa kolovozom, tvrdi zastor; 2–šumski put sa kolovozom, meki zastor; 3–šumska vlaka); prisustvo putne drenaže, kolona „Kanal“ (0–ne postoji; 1–postoji); dužina puta, kolona „Shape length“ (izražena u metrima)

Intenzitet erozionih procesa na istraživanom području kvantifikovan je na osnovu primene metode "Potencijala erozije" (MPE), koja je kreirana, razvijena i kalibrisana u Srbiji, a koristi se u svim okolnim zemljama [3]. Za potrebe prostorne analize istraživanog područja, korišćene su topografske karte R=1:25.000. Kao osnovna baza podataka u analizi topografskih parametara korišćen je digitalni elevacioni model (DEM), rezolucije 20 metara. Korišćena je Osnovna geološka karta R=1:100.000 (list Pirot, Savezni geološki zavod SFRJ, 1980), kao i Pedološka karta SR Srbije razmere 1:50.000 (listovi Pirot 3, Pirot 4, Berkovica 1, Berkovica 3; Institut za proučavanje zemljišta Topčider-Beograd, 1976). Analiza padavina obavljena je korišćenjem podataka merenja sa kišomernih stanica (KS) Dojkinci (880 m n.m.) i Visočka Ržana (700 m n.m.), za period od 1960-2014. godine. Način korišćenja prostora na istraživanom području je determinisan na osnovu detaljnog terenskog istraživanja, korišćenja topografskih podloga, orto-foto snimaka visoke rezolucije (iz 2011. godine, sa ortogonalnom dimenzijom rastera 100x100 cm), satelitskih snimaka, kao i relevantnog dokumentacionog materijala. S obzirom na to da istraživano područje predstavlja zonu Parka Prirode, vektorska baza podataka je obogaćena prostornim informacijama na osnovu detaljnih terenskih istraživanja, u cilju dobijanja što verodostojnijih podataka o načinu korišćenja prostora.

### 3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Gazdinska jedinica (GJ) "Stara planina I-Široke Luke" zauzima površinu od 3.476 ha i nalazi se celom površinom unutar Parka prirode "Stara planina", što uslovljava i način gazdovanja šumama. Značajan deo istraživanog prostora pripada slivnom području reke Jelovice (sliv Nišave). GJ "Stara planina I-Široke Luke" je podeljena na 90 odeljenja, prosečne veličine 38,62 ha.

Zbog geografskog položaja i relativno velike srednje nadmorske visine (1.212,35 mm), na istraživanom području vlada izrazito planinska klima, sa relativno kratkim, toplim letima i veoma hladnim, dugim zimama, sa jasno izraženim prelaznim godišnjim dobima. Srednja višegodišnja suma padavina na kišomernoj stanici Visočka Ržana iznosi 727,6 mm, najveća godišnja suma padavina 1.127,5 mm (2014. godine), najmanja 408,9 mm (2000. godine), sa mesečnim maksimumom u maju (87,1mm) i minimumom u avgustu (50,1 mm). Srednja višegodišnja suma padavina na kišomernoj stanici Dojkinci iznosi 804 mm, najveća godišnja suma padavina 1.260 mm (1974. godine), najmanja 283,3 mm (2011. godine), sa mesečnim maksimumom u maju (102,6 mm) i minimumom u januaru (50 mm).



Geološka građa istraživanog područja ima veliki uticaj na tip i genezu zemljišnih tvorevina, kao i na erozione procese. Osnovne litoške formacije istraživanog područja čine: kvarcni peščari i konglomerati (16,80%); kvarc-albit-muskovit-hloritski škriljci (62,68%); krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti (7,18%). Svi vodotokovi istraživanog područja imaju dobro izraženu faciju korita sa šljunkovima i slabo razvijenu povodanjku faciju od suglina i supeskova. Na istraživanom području se javljaju sledeće pedološke tvorevine: fluvisol (2,95%), kalkokambisol (1,71%), humusno-silikatno zemljište (89,89%), rendzina (5,11%) i litosol (0,34%).

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U okviru gazdinske jedinice "Stara planina I-Široke luke" snimljeno je ukupno 42.243 m šumskih puteva (slika 6), od čega: 9.896 m šumskih puteva sa kolovozom (tvrdim zastorom), i 32.346 m šumskih puteva bez kolovoza (sa mekim zastorom). Takođe, snimljeno je 15.376 m šumskih vlaka. Gustina mreže šumskih puteva gazdinske jedinice iznosi 12,2 m·ha<sup>-1</sup>.

U tabeli 1. predstavljen je spisak propusta i profila koji su bili predmet neposredne terenske obrade, sa preciznom prostornom identifikacijom (x, y koordinate), kao i predlogom aktivnosti (mere sanacije i revitalizacije).

**Tabela 1. Propusti i profili obrađeni tokom terenskih istražnih radova**

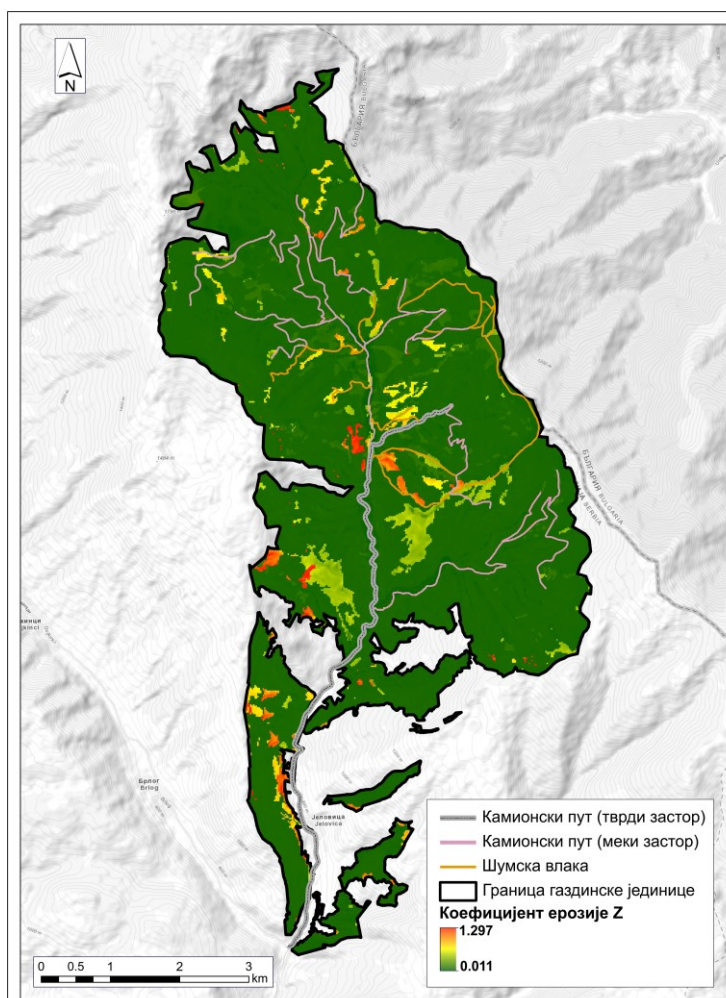
Red.br.	Profil	X	Y	Uočen nedostatak i predložena mera
1	Vod_1	7649446,789	4793527,719	Nema propust - izgradnja propusta
2	Vod_2	7652872,369	4789755,746	Nema propust - izgradnja propusta
3	Vod_3	7649200,386	4792601,345	Nema propust - izgradnja propusta
4	Vod_4	7648593,258	4792622,165	Nema propust - izgradnja propusta
5	Vod_5	7648814,15	4792627,151	Nema propust - izgradnja propusta
6	Vod_6	7649311,996	4792528,939	Nema propust - izgradnja propusta
7	Vod_7	7650038,338	4793244,222	Nema propust - izgradnja propusta
8	Vod_8	7649807,869	4793465,997	Nema propust - izgradnja propusta
9	Vod_9	7651653,185	4791110,153	Nema propust - izgradnja propusta
10	Vod_10	7649708,856	4792907,242	Postoji propust - čišćenje propusta i redovno održavanje
11	Vod_11	7649868,185	4792627,722	Postoji propust - čišćenje propusta i redovno održavanje
12	Vod_12	7650137,7	4792272,118	Postoji propust - čišćenje propusta i redovno održavanje
13	Vod_13	7650888,997	4792686,157	Postoji propust - čišćenje propusta i redovno održavanje
14	Vod_14	7651114,311	4792727,528	Nema propust - izgradnja propusta
15	Vod_15	7651429,138	4792741,608	Nema propust - izgradnja propusta
16	Vod_16	7650986,012	4788674,11	Postoji propust - čišćenje propusta i redovno održavanje
17	Vod_17	7652980,266	4789154,129	Nema propust - izgradnja propusta
18	Vod_18	7653183,36	4789401,473	Nema propust - izgradnja propusta
19	Vod_19	7653025,215	4789772,436	Postoji propust koji je zapunjen - hitno čišćenje propusta i redovno održavanje
20	Vod_20	7647805,321	4793362,225	Nema propust - izgradnja propusta
21	Vod_21	7647946,418	4793403,534	Nema propust - izgradnja propusta
22	Vod_22	7651202,545	4792534,522	Nema propust - izgradnja propusta
23	Vod_23	7649170,07	4793628,416	Nema propust - izgradnja propusta
24	Vod_24	7649230,719	4793047,899	Nema propust - izgradnja propusta
25	Vod_25	7649544,49	4792520,742	Propust (čišćenje propusta i redovno održavanje)
26	Vod_26	7649169,717	4792280,745	Postoji propust - čišćenje propusta i redovno održavanje

Način korišćenja prostora (struktura površina) na istraživanom području predstavljen je u tabeli 2.

**Tabela 2. Struktura površina na GJ „Stara planina I – Široke luke“**

Vrsta površine		A [km]	[%]
Putevi	sa tvrdim zastorom	0.11	0.32
	sa mekim zastorom	0.39	1.12
Šumske vlake		0.12	0.35
Šume		29.63	84.24
Pošumljeno		1.73	4.98
Golet		0.22	0.63
Degradirane šume		0.60	1.73
Livade		1.33	3.82
Agrošumski prostor		0.62	1.78
Naselja i objekti		0.01	0.03
<b>ukupno:</b>		<b>34.76</b>	<b>100.00</b>

Putna mreža istraživanog područja sastoji se od: puteva sa mekim zastorom - 0,39 km<sup>2</sup> (1,12% od ukupne površine istraživanog područja); puteva sa tvrdim zastorom - 0,11 km<sup>2</sup> (0,32%); šumskih vlaka - 0,12 km<sup>2</sup> (0,35%).



**Slika 6. Karta erozije GJ „Stara planina I-Široke luke“ sa mrežom šumskih puteva i vlaka**

Na istraživanom području GJ „Stara planina I-Široke Luke“ srednji koeficijent erozije iznosi  $Z_{sr}=0,102$  (površinska slaba erozija). Uočene su sve kategorije erozije (slika 6), a dominantna je veoma slaba erozija

na površini od 31,38 km<sup>2</sup> (90,3%). Kategorije jake i ekscesivne erozije su zastupljene na 1,16km<sup>2</sup> (3,34%), uglavnom na kamionskim putevima i šumskim vlakama. Ukupna godišnja produkcija erozionog materijala iznosi  $W_{god}=3.196,21 \text{ m}^3$ , a izraženo po jedinici površine  $W_{god}=92,0 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{god}^{-1}$ .

## 5. DISKUSIJA

Inventura šumskih puteva i vlaka vršena je kroz niz aktivnosti: tokom prve faze analizirana je planska i tehnička dokumentacija koja je pomogla boljem sagledavanju šumske saobraćajne infrastrukture i pripremljen je plan za izvođenje terenskih istražnih radova, posle čega su obrađeni i arhivirani svi neophodni podaci. Formirana je atributna tabela sa podacima o identifikacionom broju puta, dužini, kolovoznoj konstrukciji i sistemu za evakuaciju vode, kao i odgovarajuće kartografske podloge. Uočeno je 18 kritičnih profila na kojima se ukrštaju putevi sa lokalnim vodotokovima (stalnim i povremenim), bez propusta, kao i 8 profila sa propustima.

Opšte stanje erozionih procesa na istraživanom području je zadovoljavajuće, sa srednjim koeficijentom erozije  $Z_{sr}=0,102$  (što odgovara slaboj površinskoj eroziji) i ukupnom godišnjom produkcijom erozionog materijala  $W_{god}=3.196,21 \text{ m}^3$ . Specifična produkcija iznosi svega  $W_{godsp} = 92,0 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{god}^{-1}$ , što je 4 puta manje od proseka za teritoriju Republike Srbije. Praktično, mreža šumskih saobraćajnica na području GJ „Stara planina I-Široke luke“, predstavlja glavni izvor erozionog materijala i idealan transportni koridor za površinski oticaj. 1.670 m kamionskih puteva sa tvrdim zastorom ima vrednost koeficijenta erozije  $Z>0,4$  dok je na 8.226 m  $Z<0,4$  (prosečno  $Z_{sr} = 0,48$ ). 2.147 m kamionskih puteva sa mekim zastorom ima vrednost koeficijenta erozije  $Z>0,4$ , dok je na 30.199 m  $Z<0,4$  (prosečno  $Z_{sr} = 0,56-0,64$ ). 3.698 m šumskih vlaka ima  $Z>0,4$  dok je na 11.679 m  $Z<0,4$  (prosečno  $Z_{sr} = 0,38-0,71$ ).

Dugoročna protiveroziona zaštita terena, šumskih puteva i vlaka može se ostvariti primenom koncepta integralne zaštite koji podrazumeva primenu mera biološkog, biotehničkog, tehničkog i administrativnog karaktera, sa sledećim smernicama: poboljšanje infiltraciono-retencionih karakteristika zemljišta na nagibima; podizanje poprečnih objekata u manjim pritokama (u cilju zaustavljanja nanosa, stabilizacije korita i obala); gradnja novih, čišćenje i održavanje postojećih putnih propusta, drenažnih kanala i mostova; primenu administrativnih mera (zabrane i preporuke), na osnovu odgovarajuće planske dokumentacije (*Planovi za proglašenje erozionih područja i odbranu od bujičnih poplava na vodotokovima II reda*). Pored toga, preporučuje se izrada poprečnih drenažnih kanala preko kolovoza, na rastojanju od 30 do 50 metara, dimenzija 0,15x0,15 m, obloženih drvenim ili metalnim profilima, koji primaju deo površinskog oticaja sa određenog putnog segmenta i bezbedno ga sprovede do recipijenta ili obližnje šumske površine sa zemljištem dobrog infiltraciono-retencionog kapaciteta.

Tokom procesa projektovanja poželjno je definisati probnu dispoziciju trasa šumskih puteva, glavnih vlaka, odlagališta i ZZP (zaštitne zone priobalja) [4]. Ukoliko trasa prolazi ravnim ili terenom sa malim nagibom, neophodno je predvideti odgovarajuću drenažu. Na strmim deonicama potrebno je formirati rigole (otvorene, površinske kanale), pomoću kojih se voda uvodi u propuste ili recipijente, sa osnovnim ciljem da se izbegne nekontrolisano tečenje po kolovozu, koje neminovno dovodi do pojave brazda, jaruga i destrukcije trupa puta [5]. Odlagališta posečene drvne mase treba da budu na dobro dreniranim padinama malog nagiba (do 5%), po potrebi ovičena drenažnim kanalima i manjim nasipima (do 50 cm visine), u cilju eliminacije padinskog oticaja.

Poželjno je da trasa puta zaobiđe lokacije sa izvorima i visokim nivoima podzemnih voda, a da od vodotoka bude udaljena najmanje 20-30 metara. Ukrštanje šumskog puta i vodotoka trebalo bi da se izvede pod pravim uglom, sa propustom dovoljnog kapaciteta da sprovede računsku veliku vodu [6]. Na vodotokovima koji se ukrštaju sa glavnim šumskim putevima, trebalo bi izgraditi odgovarajuće poprečne objekte (pragove ili rešetkaste pregrade), najmanje 15-30 metara uzvodno od tačke ukrštanja, u cilju zaštite propusta od zasipanja nanosom ili organskim otpadom (granje, stabla). Takođe, na već izgrađenoj infrastrukturi se preporučuju sledeće mere: izbegavati direktnu vuču trupaca ili kretanje teške mehanizacije, tokom ekstremno vlažnih perioda; održavati drenažne kanale i propuste u funkcionalnom stanju (konstruktivno stabilne, očišćene od nanosa i drugog materijala koji smanjuje njihovu propusnu moć); sve vlake koje se više ne koriste za eksploataciju trebalo bi da se zatvore, čemu prethodi njihova stabilizacija (popravka oštećenja i formiranje serije pletera od lokalne vegetacije) i revegetacija; ukloniti sve privremene prelaze preko vodotokova (formirati stalne, stabilne prelaze, sa propustima ili mostovima) [7]; vršiti periodične inspeksijske preglede stanja šumskih puteva i vlaka, u jednakim intervalima, kao i vanredne preglede posle svake intenzivne kišne epizode ili naglog otapanja snega, utvrditi i popraviti eventualna oštećenja; kolovoz puta

treba da bude čist a prepreke se moraju ažurno otklanjati (palo drveće, ostaci od seče, krupno kamenje i stene); tokom perioda intenzivne eksploatacije kontrolisati stanje kolovoza, posebno nosivost puta, projektovani nagib, efikasnost u evakuaciji površinskih i podzemnih voda, i odmah otklanjati sve nedostatke i oštećenja; ažurno čistiti potočna korita od nanetog materijala u zoni ukrštanja sa putevima i oko propusta (granje, stabla, šljunak, kamen) [8], [9], [10].

Na prostoru oko vodotokova treba predvideti „zaštitnu zonu priobalja“ (ZZP), u blizini područja šumske eksploatacije, gde je povećana mogućnost pojave erozionih procesa, klizanja većih zemljanih masa i transporta erozionog materijala, naročito posle jačih kišnih epizoda [11], [12]. Njena funkcija je da zadrži erozioni materijal (zemlja, komadi kamena, šljunak) koji se javlja na mestu obaranja stabala (posebno na strmim, nestabilnim padinama) i duž transportnih putanja za izvlačenje trupaca. Efikasnost ZZP zavisi od širine, strukture i vrste biljnog pokrivača. Minimalna širina ZZP treba da bude po 30 metara sa obe strane vodotoka, mereno od najviše kote obale. Sa povećanjem nagiba terena treba povećavati i širinu ZZP (Tabela 3). Unutar ZZP ne treba uklanjati vegetaciju, a preporučuje se izbegavanje izgradnje puteva i vlaka [8].

**Tabela 3. Širina ZZP u funkciji nagiba**

Nagib padine (%)	Minimalna širina zaštitne zone u priobalnom pojasu (m)
0-10	30
10-20	35
20-30	40
30-40	50
40-50	55
50+	Eksploatacija nije poželjna zbog velikog rizika od pokretanja zemljanih masa i intenzivne erozije

## 6. ZAKLJUČCI

Mreža šumskih saobraćajnica na području GJ „Stara planina I-Široke luke“, predstavlja glavni izvor erozionog materijala i dominantan transportni koridor za površinski oticaj, sa ukupnom godišnjom produkcijom erozionog materijala  $W_{god} = 3.196,21 \text{ m}^3$  i specifičnom produkcijom od  $W_{godsp} = 92,0 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ .

Najčešći uzroci destrukcije šumskih puteva su: nedostatak evakuacionih organa za površinsku vodu (drenažni kanali i putni propusti); slabo dimenzionisani i loše održavani kanali i putni propusti; neodržavane vlake, koje se vremenom transformišu u jaruge.

Primeni zaštitnih mera prethodi evidencija stanja na osnovu detaljne inventure mreže šumskih puteva i vlaka, u cilju utvrđivanja trenutnog kvantitativnog i kvalitativnog stanja.

Katastar šumskih puteva i vlaka predstavlja bazni dokument kojim se unapređuje proces planiranja novih saobraćajnica i održavanje postojećih objekata na predmetnom području.

## Literatura

- [1] Ristić, R.; Milčanović, V.; Polovina, S.; Malušević I.; Radić B. 2017. Ispitivanje uticaja mreže šumskih puteva i vlaka na intenzitet površinskog oticaja i erozionih procesa za potrebe PP "STARA PLANINA" za ŠG „PIROT“– Piroto za 2017. godinu, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd
- [2] Stojnić, D.; Danilović, M.; Dražić, S. 2017. Inventura i izrada katastra primene mreže šumskih puteva, Šumarstvo 3-4: 199-212.
- [3] Ristić R.; Polovina S.; Malušević I.; Radić B.; Milčanović V.; Ristić M. 2017. Disaster Risk Reduction Based on a GIS Case Study of the Čađavica River Watershed. SEEFOR, 8(2): 99-106.
- [4] Phillips, M.J.; Swift, L.W.; Blinn, C.R. 2000. Best Management Practices for riparian areas, in: Riparian Management in forests of the continental eastern United States, CRC Press, 273-286.
- [5] [www.mylandplan.org/content/forest-roads](http://www.mylandplan.org/content/forest-roads)
- [6] Danilović, M.; Ljubojević, D. 2013. Otvaranje šuma sekundarnom mrežom šumskih puteva. Glasnik šumarskog fakulteta, Beograd. 108: 25-38.
- [7] Lindstrom-Johnsson, E. (project manager) et al. (2014): Ecologically adapted stream crossings for forest roads – a guide (for planning and construction), Swedish Forest Agency.
- [8] New York State Forestry – Best Management Practices for Water Quality, BMP Field Guide, 2011.
- [9] Beguš, J.; Pertlik, E. 2017. Vodič za planiranje, izgradnju, održavanje šumskih puteva, FAO.
- [10] National Best Management Practices for Water Quality Management on National Forest System Lands, United States Department of Agriculture, Forest Service, 2012.
- [11] Potočnik, I.; Petković, V.; Marčeta, D.; Ljubojević, D. 2013. Određivanje optimalne gustine šumskih puteva u Prosari, Glasnik Šumarskog fakulteta u Banjoj Luci 18: 45-46.
- [12] Ristić, R.; Milčanović, V.; Polovina, S.; Malušević I.; Radić B. 2017. Monitoring degradacionih erozionih procesa u PP „Stara planina“ za ŠG „Timočke šume“, Boljevac, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd.

# PUTEVI KAO KORIDORI ŠIRENJA INVAZIVNIH VRSTA BILJAKA (KOROVA)

**Dragana Marisavljević<sup>1</sup>, Ana Anđelković<sup>1</sup>, Goran Tmušić<sup>2</sup>, Danijela Pavlović<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd*

<sup>2</sup>*Prirodno matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu*

## Rezime

*Invazivne vrste se novounešene vrste koje uglavnom dolaze sa drugih kontinenata, dobro se prilagođavaju, formiraju veliko reproduktivno potomstvo a zbog nepostojanja prirodnih neprijatelja dolazi do njihovog intenzivnog širenja – invazije. U Evropskoj Uniji u direktivi No. 1143/2014 ističe da invazivne vrste već imaju veliki negativan uticaj na biodiverzitet i ekosisteme, ljudsko zdravlje i ekonomiju, a smatra se da će problem sve više eskalirati, pa se moraju uključiti preventivne mere i mere efikasnog suzbijanja.*

*Širenje invazivnih biljaka je veoma teško zaustaviti a Evropska i svetska istraživanja pokazuju da pojasevi uz puteve često postaju mesta za stabilizaciju populacija, a putevi postaju važni koridori njihovog širenja. Kako bi se utvrdilo stanje na putevima IA i IB reda u Republici Srbiji u toku 2018/2019. godine urađeno je kartiranje vegetacije - na longitudinalnim transektima dužine 100 m na svakih 10 km (20km) puta. Pored determinacije biljnih vrsta urađena je i brojnost i pokrovnost po standardnoj 7-stepenoj van der Maarel skali. Dobijeni rezultati su pokazali da je u zoni puteva prisutan veoma veliki broj biljnih vrsta – prosečno oko 80 vrsta po snimku, kao i da su prisutne invazivne biljne vrste. Pored vrste ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*) javljaju se i robusne vrste kao što su rejnutrija (*Reynutria japonica*), cigansko perje (*Asclepias syriaca*), bagremac (*Amorpha fruticosa* L.), petolisni bršljan (*Parthenocissus quinquefolia*), hmelj (*Humulus lupulus*) koje formiraju gustu barijeru tešku za krčenje i čišćenje.*

*Kako bi smanjilo širenje invazivnih vrsta u putnom pojasu na državnim puevima u Republici Srbiji se od 2019. godine počelo sa primenom nove tehnologije suzbijanja koja je kombinacija mehaničkih mera i primene zemljišnih i folijarnih herbicida i arboricida.*

*Ključne reči: invazivne biljke, putevi, ambrozija, rejnutrija, cigansko perje, bagremac, herbicidi, arboricidi*

## ROAD AS A CORRIDOR SPREAD OF INVASIVE SPECIES OF PLANTS (WEEDS)

**Dragana Marisavljević<sup>1</sup>, Ana Anđelković<sup>1</sup>, Goran Tmušić<sup>2</sup>, Danijela Pavlović<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute For Plant Protection and Environment*

<sup>2</sup>*Faculty of Science, University of Novi Sad*

*Invasive species are species that newly- come mainly from other continents, it is well adapted to form a large reproductive offspring due to a lack of natural enemies leads to their intensive expansion - invasion. In the European Union in Directive No.1143/2014 points out that invasive species already have a large negative impact on biodiversity and ecosystems, human health and economy, and it is consider that the problem will escalate more and more, and must include preventive measures and measures of effective control.*

*The spread of invasive plants is very difficult to stop a European and global research shows that the belts along the roads often become places for population stabilization, and the roads become important corridors of their expansion. In order to determine the state of the roads IA and IB in the Republic of Serbia during 2018/2019. was done the mapping of vegetation - the longitudinal length of 100 m transects every 10 km (20km) times. In addition to the determination of plant species was made and the number and coverage at the standard 7-point van der Maar scale. The results of evaluation showed that in the area of roads present a very large number of plant species, - an average of about 80 types according to the recording, as well as that present invasive plant species. In addition to the types of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), there are also robust type as rejnutrija (*Reynutria japonica*), goosegrass (*Asclepias syriaca*), indigo (*fruticosa* L.), ivy (*Parthenocissus quinquefolia*), hops (*Humulus lupulus*) that creating a dense barrier difficult for clearing and cleaning.*

*To reduce the spread of invasive species in the road area in the state roads in Serbia since 2019. the year began with the implementation of new technologies to combat, which is a combination of mechanical measures and the application of soil and foliar herbicides and arboricides.*

*Keywords: invasive plants, roads, ragweed, rejnutrija, Gypsy feather, indigo, herbicides, Arboricides*

## 1. UVOD

Putevi predstavljaju veoma značajne koridore za širenje korova jer se vozilima u zonu puta donose semena (i vegetativni organi) raznih biljaka koji vrše pritisak na postojeću vegetaciju i postepeno je menjaju. Invazivne vrste se novounešene vrste koje uglavnom dolaze sa drugih kontinenata, dobro se prilagođavaju, formiraju veliko reproduktivno potomstvo a zbog nepostojanja prirodnih neprijatelja dolazi do njihovog intenzivnog širenja – invazije. Najpoznatija invazivna biljna vrsta u Evropi i kod nas je ambrozija (*Ambrosia arthemisiifolia*) ali u poslednjoj dekadi pojavile su se nove vrste koje mogu postati još veća pretnja kao što su rejntrija (*Reynoutria japonica*).

### 1.1. Status invazivnih vrsta prema međunarodnoj i nacionalnoj legislativi

#### 1.1.1. Međunarodni zakonski okvir

Značaj problema koji izazivaju invazivne vrste (biljke, životinje, insekti, ptice, ribe i dr.) je veoma veliki. pa i regulativa Evropske unije definiše ovu problematiku (EU Regulation No. 1143/2014 on the prevention and management of the introduction and spread of Invasive Alien Species dopunjena sa novim vrstama u dokumentu No. 1141/2016). Najvažniji aspekt koji ističe ova direktiva jeste da invazivne vrste već imaju veliki negativan uticaj na biodiverzitet i ekosisteme, kao i na ljudsko zdravlje i ekonomiju, a smatra se da će problem sve više eskalirati, zbog čega se moraju uključiti preventive mere – sprečavanje ulaska na teritoriju, mere rane detekcije i eradikacije – uništavanja pre nego što se vrsta stabilizuje na novom području i mere efikasnog suzbijanja.

- Konvencija o biološkoj raznovrsnosti (Convention on Biological Diversity - CBD) kojom je prepoznata urgentna potreba za delovanjem protiv invazivnih vrsta, kao jednog od osnovnih faktora ugrožavanja biodiverziteta. Član 8. ove Konvencije obavezuje zemlje potpisnice da urade sve kako bi umanjile negativan uticaj invazivnih vrsta na biodiverzitet, u smislu kontrole i eradikacije invazivnih vrsta koje ugrožavaju ekosisteme, staništa i vrste na njihovoj teritoriji, kao i sprečavanja novih introdukcija.
- Konvencija o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa (eng. Bern Convention - Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) u kojoj se članom 8. od zemalja potpisnica traži da kontrolišu ili iskorene one strane vrste koje ugrožavaju prirodne ekosisteme, staništa ili (autohtone) vrste, odnosno da ulože napore kako bi sprečili njihovo unošenje.
- Regulativa o prevenciji i upravljanju unošenja i kontrole invazivnih stranih vrsta (eng. Regulation (EU) No. 1143/2014 of the European Parliament and of the Council on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species) kojom su preuzeti principi utvrđeni Konvencijom o biološkoj raznovrsnosti: prevencija, rana detekcija i brzo delovanje protiv uspostavljanja invazivne vrste. Sastavni i ključni deo Regulative čini Lista invazivnih vrsta od značaja za Evropsku uniju, koju čini selekcija najinvazivnijih alohtonih vrsta u EU, kojima je Regulativom zabranjen uvoz, trgovina, posedovanje, prenos, korišćenje i oslobađanje u prirodu. Ukoliko se neka od vrsta sa Liste pojavi na novom lokalitetu u okviru EU, države članice su obavezne da trenutno pokrenu aktivnosti za eradikaciju. Metode eradikacije, prema Regulativi, treba da budu maksimalno efikasne, a bez nepoželjnih sporednih dejstava.

Glavna inovacija koju Regulativa uvodi je obaveza država članica da utvrde osnovne puteve prenošenja invazivnih vrsta sa Liste i osmisle akcioni plan za sprečavanje daljeg unosa. Regulativa se pored vrsta sa Liste odnosi i na invazivne vrste koje su od nacionalnog značaja, ali i poziva države koje imaju zajedničke invazivne vrste na koordinaciju mera. Izveštaj Evropskoj komisiji o uspostavljanju sistema monitoringa, sprovedenim merama kontrole i eradikacije, trenutnim rasprostranjenjima vrsta, putevima prenošenja i sprovedenim akcionim planovima zemlje članice imaju obavezu da dostave na svake 4 godine.

#### 1.1.2. Nacionalni zakonodavni okvir

Zakoni Republike Srbije nisu još uvek definisali obavezu suzbijanja invazivnih vrsta generalno, ali su dokumenti zaštite biodiverziteta i životne sredine postavili zakonski okvir za tretiranje ove problematike.

- Kao jedna od potpisnica Konvencije o biološkoj raznovrsnosti („Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori“ br. 11/2001) i Konvencije o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa („Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori“ br. 102/2007), Republika Srbija se obavezuje da striktno kontroliše

uvođenje alohtonih vrsta i učini napore da kontroliše ili iskoreni one strane vrste koje ugrožavaju prirodne ekosisteme, staništa ili vrste na svojoj teritoriji.

- Zakonom o zaštiti prirode („Službeni glasnik RS“, br. 36/2009, 88/2010, 91/2010 i 14/2016), invazivna vrsta je definisana kao strana vrsta koja, unošenjem i/ili širenjem, ugrožava druge vrste i ukupnu biološku raznovrsnost. Sa aspekta zaštite prirode i autohtonog biodiverziteta, od posebne su važnosti odredbe Zakona (član 35) koje se odnose na zabranu unošenja invazivnih alohtonih vrsta u zaštićena područja.

- Pravilnik o listama štetnih organizama i listama bilja, biljnih proizvoda i propisanih objekata („Službeni glasnik RS“, br. 7/2010, 22/2012 i 57/2015) kojim je regulisan unos organizama koji predstavljaju potencijalnu pretnju za divlje i gajene organizme u našoj zemlji. Lista invazivnih vrsta korišćena u ovom Pravilniku za osnovu ima rad «Preliminarni spisak invazivnih vrsta u Republici Srbiji sa opštim merama kontrole i suzbijanja kao potpora budućim zakonskim aktima», iz 2012. godine, objavljen u časopisu Zaštita prirode, broj 62/1. u kome je data i za sada jedina zvanična Lista invazivnih biljaka Srbije.

- Uredba o merama za suzbijanje i uništavanje korovske biljke ambrozija – *Ambrosia artemisiifolia* L. (spp.) „Službeni glasnik RS“, broj 69 od 18. avgusta 2006.), je za sada jedina uredba koja se odnosi na invazivne korove a koja između ostalih subjekata obavezuje i javna preduzeća da ovu vrstu uništavaju primenom agrotehničkih, mehaničkih i hemijskih mera.

U veoma skroj budućnosti očekuje se novi set Evropskih propisa u vezi obaveze suzbijanja invazivnih biljaka

## 2.CILJ RADA

Uređenje vegetacije u zoni puteva je veoma kompleksno a pojavom invazivnih biljaka javlja se niz novih problema. Putevi su glavni koridori širenja korova pa to nameće i obavezu sprečavanja širenja ovih biljaka. Kako bi se sagledalo stanje vegetacije i prisustvo invazivnih biljaka (korova) na putevima IA reda u Republici Srbiji u toku 2018. godine urađeno je kartiranje vegetacije. U skladu sa dobijenim rezultatima dat je predlog novih mera suzbijanja. Dugoročni cilj je uvođenje sistema kojim se kombinuje hemijsko i nehemijskog suzbijanje koji poboljšava efikasnosti i smanjuje troškove a u skladu je sa principima zaštite životne sredine i prati praksu razvijenih zemalja.

## 3.METODOLOGIJA

Kartiranje vegetacije, evidentiranje svih prisutnih biljnih vrsta, vršeno je na longitudinalnim transektima dužine 100 m, postavljenim paralelno sa pravcem pružanja auto-puta. Na svakom lokalitetu kartiranje je vršeno po zonama (zona 1 – uz sam auto-put, zona 2 – padina od auto-puta, zona 3 – kanal, zona 4 – padina od kanala prema periferiji). Broj transekata zavisio je od broja zona zastupljenih na lokalitetu. Lokaliteti su bili pozicionirani na svakih 10 km auto-puta, sa variranjem od 1-2 km, u slučaju nepristupačnosti (nadvožnjaci, benzinske pumpe, naplatne rampe). Determinacija biljnih vrsta je vršena na terenu, a njihova brojnost i pokrovnost određivana je po standardnoj 7-stepenoj van der Maarel skali.

## 4.REZULTATI

Na osnovu terenskih ispitivanja a u skladu sa zvaničnim dokumentom koji definiše koje se vrste smatraju invazivnim u našoj zemlji može se zaključiti da su na putevima IA reda u Srbiji prisutne invazivne vrste Pored njih kao veoma problematične i teške za suzbijanje na putevima se pojavljuju i ekonomski značajne korovske vrste pa se može reći da u ovom trenutku tehnologiju prevencije i suzbijanja treba prilagoditi sledećim vrstama:

Zeljaste vrste

- ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*),
- rejnutrija (*Reynutria yaponica*),
- sirak (*Sorghum halepense*),
- cigansko perje (*Asclepia syriaca*),
- velika zlatnice (*Solidago gigantea*)
- repušnjača (*Solidago canadensis*)
- palamida (*Cirsium arvense*)



- čičoka (*Helianthus tuberosus*)
- vučja stopa (*Aristolochia clematitis*)
- barska trska (*Phragmites australis*)

Poludrvenaste i drvenaste vrste

- bagremac (*Amorpha fruticosa*),
- petolisni bršljan (*Parthenocissus quinquefolia*)
- kupina (*Rubus caesius*)
- živa ograda (*Lycium barbarum*),
- sladić (*Glycyrrhiza glabra*)
- hmelj (*Humulus lupulus*)
- pavit (*Clematis vitalba*)
- kineski vučac (*Lycium barbarum* L.)

## ZAKLJUČCI I DISKUSIJA

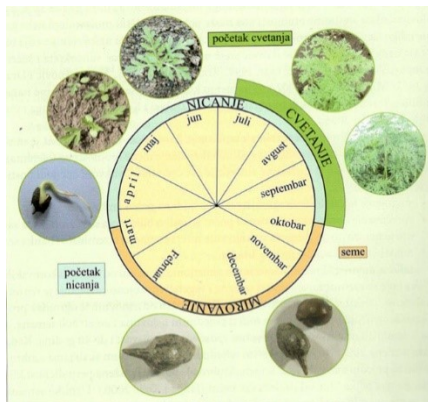
### 4.2. Najprisutnije invazivne biljke i mogućnost njihovog suzbijanja

#### 4.2.1. Ambrozija ( *Ambrosia arthemisiifolia* )

Ambrozija je jednogodišnja korovska biljka koja pripada grupi invazivnih korova. U našoj zemlji evidentirana je 30.-tih godina prošlog veka kada je bila prisutna sporadično, ali posljednje dve do tri decenije beleži se ogroman rast populacija na svim staništima. Staništa ambrozije su najčešće zapuštena građevinska zemljišta, deponije, vrtovi, neobrađene poljoprivredne površine, površine uz puteve, železničke pruge. Takođe je veliki problem u ratarskim i povrtarskim usevima i dr. Pored problema koje izaziva kao korovska biljka koja ometa razvoj korisnih biljaka ambrozija je opasna i po zdravlje ljudi jer izaziva alergije. Alergiju izaziva polen, a i polenova zrna koja se zbog specifičnog oblika (sa kukicama po površini) lako zalepe – zakače za sluzokožu disajnih organa i očiju. Alergija na ambroziju se može javiti u svim životnim dobima jer je biljka veoma jak alergen.

Ambrozija najčešće počinje da niče krajem aprila kad zemljište dostigne temperature oko 200 S (iako nekada niče i ranije) i nicanje se produžava sve do kraja vegetacije – tj. ambrozija ne niče u "jednom talasu", već tokom cele sezone (Slika 1.). Biljka počinje da cveta od sredine jula, sa najvećom produkcijom polena u avgustu i septembru, a cveta takođe do kraja sezone. Cvetovi su skupljeni u duge grozdaste cvasti na vrhu stabla i grana, žućkaste boje – jedna biljka produkuje više od milijardu polenovih zrna, koja se uz pomoć vetra mogu raspršiti na površini od više kvadratnih kilometara. Ambrozija se razmnožava semenom, pri čemu jedna biljka ambrozije proizvede 500 do 3000 ahenija – semena koje mogu da održe klijavost u zemljištu i do 40 godina. Seme je veoma vitalno a njegove zalihe u zemljištu su ogromne i iz tog razloga se mora suzbijati sistematski – redovno svake godine u skladu sa Uredbom o obaveznom suzbijanju. U njenom suzbijanju postoji više problema:

- nicanje ambrozije je razvučeno, pa iako se unište male biljke, koje su veoma su osetljive na herbicide ili zemljišni herbicidi jedno vreme drže površinu čistom, u toku sezone stalno su prisutne novoiznikle biljke - i tretmane herbicidima je neophodno ponoviti nekoliko puta
- velike biljke – pred cvetanje su dosta otpornije tako da ih herbicidi teško uništavaju – obično se osuši vrh stabla ali iz donjeg dela rastu bočne grane i biljka se obnavlja, a ista situacija je i kada se takve biljke kose – stablo se takođe obnavlja (Slika 3.)



Slika 1. Godišnji ciklus biljke



slika.2. Regeneracija posle košenja

#### Mere suzbijanja:

Preventivno Najefikasnije formiranjem travnjaka gustog sklopa, koji se uredno održava – tada biljka nema prostora za širenje i eventualno se uz ivice – na malim slobodnim površinama javlja manji broj biljaka  
 Herbicidi – Svi herbicidi registrovani za primenu na nepoljoprivrednom zemljištu (putevima) dobro deluju na ambroziju. Preporuka je da se površine na kojima se želi smanjiti prisustvo ambrozije istretiraju zemljišnim herbicidima (flazasulfuron i flumioksazin) koji će smanjiti nicanje ambrozije, a mlade iznikle biljke – optimalno u fazi nekoliko razvijenih listova tretirati glifosatom, ili glufosinat-amonijumom . Tretiranje se po potrebi mora ponoviti. Ukoliko se tretiraju biljke koje imaju četiri i više razvijenih listova veoma često dolazi do nepotpunog delovanja – vrhovi se osuše, a iz donjeg dela stabla se biljka obnavlja. Zato je bolje tretman uraditi kada su biljke male.

Košenje - U skladu sa Uredbom o obaveznom suzbijanju ambrozije ona se mora uništiti pre cvetanja.

#### 4.2.2. Cigansko perje (*Asclepias syriaca*)

Cigansko perje (svilenica, divlji duvan) je višegodišnja biljka koja pripada grupi invazivnih korova. U Srbiju je uneta iz Mađarske, gde je dugi niz godina gajena za ispašu pčela i “vezivanje” peskovitog zemljišta – za smanjenje erozije. Biljka je veoma robusna, jakog stabla i snažnih kožastih listova i može da dostigne visinu do 3m. Razmnožava se semenom i iz korenovih izdanaka. Kada se razvija iz semena voma brzo po nicanju može da obrazuje nove izdanke iz adventivnih pupoljaka na korenu. Izdanci rastu iz korena, i tokom nekoliko godina biljke klonovi iz jednog stabla su povezane korenom. Koren može da bude dug nekoliko metara. Biljke se na ovaj način grupišu – formiraju oaze koje se spajaju i potiskuju svu drugu vegetaciju. Svilenica se širi posebno sa napuštenih zemljišta i tako je ušla i u putni pojas na severu Vojvodine. Gustina biljaka duž puteva može biti i do 20/m<sup>2</sup>. Kada se pokosi – biljka odgovara još intenzivnijim formiranjem izdanaka. Posle nekoliko godina razvoja mladih izdanaka oni počinju da cvetaju i donose seme. Seme je obavijeno svilenkastom materijom sličnom svilu po kojoj je biljka dobila ime , a koja se koristi za punjenje jastuka, prsluka i sl. jer je veoma dobrog kvaliteta. Cigansko perje nema prirodne neprijatelje, košenjem se podstiče nicanje izdanaka, a biljka je veoma otporna na herbicide, pa se na površinama gde se pojavi populacija neometano širi i može predstavljati veliki problem. Najveći deo populacije svilenice u Srbiji javlja se uz regionalne i magistralne puteve, i to najviše duž suvih kanala koji prate puteve.



Slika 3. Biljka u cvetu



Slika 4. Koren

#### Mere suzbijanja:

Preventivne – Jedina preventivna mera je sprečavanje ulaska biljaka u putni pojas. To se može postići samo ukoliko se interveniše na okolnom zemljištu, tamo gde je situacija veoma loša – potrebno je obavestiti poljoprivrednu inspekciju o zpuštenom poljoprivrednom zemljištu na kome se nalazi populacija svilenice i sa koga se širi na puteve. Kada se biljke pojave u zoni puta potrebno je odmah početi sa suzbijanjem da se populacija ne bi raširila.

Herbicidima – Tretiranje raditi kada mladi izdanci imaju oko 6 listova. Primeniti glifosat u količini 10-12l/ha ili 2,4 D u količini 3,0l/ha. Tretman ponoviti kada biljke ponovo krenu u rast. Jedino višestrukim tretiranjem – nekoliko godina uzastopce može se uništiti ova veoma otporna biljka. Triklampir takođe ima dobro delovanje, ali samo u više ponavljanja.

Košenje Košenje nije preporučljiva mera – jer se njime forsira rast biljke.

#### 4.2.3. Rejnutrija (*Reynoutria japonica*)

Reinutrija je višegodišnja zeljasta biljka sa šupljim stablom sa izraženim nodusima – slično bambusu, visine do 4m. Listovi su ovalni, različite veličine, ali mogu biti dugi do 13cm. Ima veoma razvijen rizom – podzemno stablo koje može biti dugo i do 20m i može da dospe do dubine od 3m. Cvetovi su beli – grupisani u cvasti-cveta od juna do septembra i veoma je medonosna. U Evropu je donesena u 19. veku kao cenjena perspektivna medonosna biljka, a sada se smatra jednom od najopasnijih invazivnih biljaka (ona je jedna od 100 najopasnijih invazivnih biljaka na svetu). Razlog zbog čega je ova biljka opasna je njena robusnost i velika sposobnost širenja, jer je za širenje dovoljno parče stabla ili rizoma od 7g, a kada se ustali na nekom staništu uništava svu ostalu vegetaciju. Prijaju joj raznovrsna staništa, a posebno obale reka i vodotokova. Njeni snažni rizomi su opasni, jer se probijaju kroz temelje zidanih objekata posebno obaloutvrda, ali i svih drugih građevina – pa tamo gde se ne uništava, na neuređenom i napuštenom zemljištu i objektima ona stvara čistu populaciju. Reinutrija se razmnožava samo rizomima, ali je već prisutan i hibrid vrsta *Reynoutria japonica* i *Reynoutria sachalinensis*, *Reynoutria bohemicica* koja može biti još opasnija jer se razmnožava i semenom, a i ova vrsta je prisutna kako u Srbiji tako i u celom regionu i može veoma lako da dospe u putni pojas.

Problem ove biljke je veoma veliki u mnogim zemljama Evrope ali s obzirom na biologiju ove vrste nisu nađena jeftina i laka rešenja za njeno suzbijanje. Sve metode koje se koriste su samo delimično uspešne. Smatra se da će biološka borba tj. primena insekata ili biljnih bolesti biti jedino rešenje, ali za sada nisu otkriveni odgovarajući biološki agensi.

U našoj zemlji reinutrija se pojavila devedesetih godina prošlog veka i smatra se da je počela da se gaji u zapadnoj Srbiji u baštama kao medonosna i ukrasna biljka odakle je "pobegla" u prirodu. Veoma joj odgovaraju zemljišta na obalama reka, kanala i drugih vodotokova gde se veoma raširila i po rezultatima ispitivanja smatra se da je ova biljka prisutna na oko 30% svih obala vodotokova u Srbiji. Reinutrija se veoma raširila u putnom pojasu na putevima u Zapadnoj Srbiji a na njeno širenje najviše uticalo košenje, koje je najlošija mera suzbijanja, jer izrazito provocira rast novih izdanaka. Veoma je važno da se oni koji

održavaju puteve upoznaju sa ovom vrstom kako bi se sprečilo njeno širenje jer ona može da napravi velike štete na putnoj infrastrukturi.



Slika 5. Biljka u razdelnom pojasu



Slika 6. Padine pored autoputa sa oazama rejnutrije

#### Mere suzbijanja:

Preventivno: Jedina mera prevencije je sprečiti ulazak reinutrije u putni pojas. To se može postići

- obukom zaposlenih koji uređuju putni pojas da prepoznaju i identifikuju biljku
- pre izvođenja bilo kakvih zemljanih radova pregledati područje i ako je reinutrija prisutna uništiti biljke pre početka radova
- ukoliko u zemljištu ima delova stabla ili rizoma izneti ga na posebnu deponiju i ne koristiti to zemljište za radove u putnom pojasu
- mašine koje su bile u dodiru sa kontaminiranim zemljištem isprati na posebno određenim mestima kako se ne bi raznosili delovi biljke i seme
- ukoliko se zemljište donosi u zonu puta sa drugih terena obavezno pregledati na prisustvo reinutrije
- u ugovore o izgradnji uključiti klauzulu kojom izvođač garantuje da se u roku od jedne godine od izgradnje puta neće pojaviti reinutrija

Košenje – košenje nije preporučljiva mera – jer forsira, odnosno stimuliše bočne spavajuće pupoljke koji povećavaju broj izdanaka i ubrzavaju njihov rast. Ukoliko se biljke pokose i ostave da se osuše iz pokošenih biljaka se neće razviti nove (jednom kada postanu suve – braon boje ne mogu se obnoviti), ali ako se iseku tarupima iz malih zelenih delova (min. 7 grama težine) mogu da niknu nove biljke. Zbog takve vitalnosti treba preduzeti specijalne mere manipulacije sa ovim „otpadom“.

Iskopavanje – čupanje biljaka se može raditi ručno samo za male pojedinačne biljke, a za velike površine za ove svrhe se mora koristiti mehanizacija – bageri i sl. Ovaj metod je veoma skup, ali je za izuzetno ugrožene deonice nekada jedino rešenje. Iskopanu zemlju odlagati na posebne kontrolisane deponije koje ne smeju biti vodenih tokova – vlažnih teritorija i sl.

Malčiranje – je noviji metod. Izvodi se tako što se u biljke pokose do zemlje u periodu najintenzivnijeg rasta – obično u junu mesecu (kada biljka sve rezervne hranljive materije iz rizoma „gura“ u stablo pa je rizom manje vitalan. Zatim se površina prekrije nekim materijalom za malčiranje – piljevinom i sl. debljine 7-10cm, a to se prekrije tamnim geotekstilom ili folijom debljine 7mm. Na taj geotekstil treba staviti kamen ili druge materijale, koji će ga držati čvrsto priljubljenog. Mora se paziti da se folija ne ošteti ili probuši, a ako se radi na kosinama mora se obezbediti stabilnost. Posle 5 godina folija se može ukloniti i zemljište rekultivirati. Ovaj metod je veoma skup ali za površine koje su od posebnog značaja može biti dobro rešenje i jedina alternativa herbicidima.

Primena herbicida – Tehnologija primene herbicida u suzbijanju reinutrije u našoj zemlji nije ispitana pa se za sada moramo osloniti na iskustva drugih zemalja. Iskustva pokazuju da hemijsko suzbijanje reinutrije treba uraditi u momentu kada je biljka najslabija. Tretman treba uraditi tako što se u biljke pokose do zemlje u periodu najintenzivnijeg rasta – obično u junu mesecu - kada biljka su sve rezervne hranljive materije iz rizoma „gura“ u stablo, pa je rizom manje vitalan. Zatim ostaviti biljke da se obnove i počnu da cvetaju - čime će se iscrpeti rizom, a tretiranje uraditi odmah posle cvetanja. Za tretiranje se može koristiti glifosat u količini 10-12 l/ha i triklopir. Tretiranje se na istoj površini mora nastaviti i naredne godine, a čak i kada izgleda da je biljka uništena mora se pratiti situacija, jer rizomi mogu da budu dugo dormantni („uspavani“), a da se zatim ponovo aktiviraju.

U zoni gde biljke ugrožavaju saobraćaj i ne sme se dozvoliti njihov rast, već tretiranje raditi kada mladi izdanci imaju oko 30cm – primeniti glifosat u količini 10-12 l/ha ili triklopir u količini 5 l/ha i tretmane ponavljati po potrebi - kada se biljke obnove

Dugi niz godina na državnim putevima u Republici Srbiji suzbijanje korova i kontrola vegetacije je vršena samo mehaničkim merama. Snimanje vegetacije ukazalo je da su ove mere nedovoljno efikasne a takođe pojedinim deonicama, npr u zapadnoj Srbiji na putevima gde je prisutna Rejnutrija, ovaj način suzbijanja je znatno pogoršao stanje i doprineo invaziji ove vrste. Kako bi se ovakve greške izbegle, pristupilo sanaciji pojedinih problematičnih deonica i sprečilo zakorovljavanje novih saobraćajnica dat je predlog da se tehnologija suzbijanja korova dopuni primenom herbicida (arboricida) registrovanih za ove namene koji će se kombinovati sa mehaničkim merama suzbijanja. U zavisnosti da li se suzbijaju zeljaste ili drvenaste vrste preporučujemo sledeće kombinacije:

- Za suzbijanje zeljastih vrsta

u periodu april – maj tj. u vreme intenzivnog porasta a kada biljke nisu prevelike, uraditi prvi tretman primenom kombinacije preparata na bazi a.m. flazasulfuron 60g/ha u kombinaciji sa preparatom na bazi a.m. glifosat u količini 3,0 – 5,0 l/ha, zatim u periodu maj – septembar po potrebi raditi košenje a pred kraj vegetacije ponoviti herbicidni tretman. Uvođenjem u primenu zemljišnog herbicida a.m. flazasulfuron postiže se rezidualni efekat tj. produžava se delovanje herbicida – pa očekujemo da će se ovom primenom u letnjem periodu usporiti rast biljaka (i smanjiti broj košenja), dok se jesenjom primenom ometa prezimljavanje i usporava razvoj korova u proleće. Flazasulfuron takođe ima i kontaktno delovanje pa u kombinaciji sa glifosatom očekujemo znatno smanjenje pritiska korova i lakše uređenje posebno zakorovljenih deonica. Ukoliko je potrebno u toku leta se može ponoviti tretman sa glifosatom a pošto je za aktivaciju herbicida a.m. flazasulfuron kao zemljišnog herbicida potrebna vlaga ne preporučujemo njegovu primenu u toku leta.

- Za suzbijanje poludrvenastih i drvenastih vrsta

u periodu april - maj uraditi prvi tretman preparatom na bazi a.m. triklopir u količini 2-5 l/ha, u skladu sa uputstvom za primenu a zavisno od vrste biljaka koje se suzbijaju ovaj tretman po potrebi ponoviti u periodu septembar – oktobar. Primenu arboricida po potrebi kombinovati sa mehaničkim merama. Hemijsko suzbijanje poludrvenastih i drvenastih biljaka, je neuporedivo efikasnije od mehaničkih mera i treba ga koristiti gde god je to moguće.

Ovim merama se međutim ne mogu suzbiti invazivne vrste cigansko perje (*Asclepias syriaca*) i rejnutrija (*Reynoutria japonica*). Nedostatak iskustva u njihovom suzbijanju u našem području, i literturni podaci koji ukazuju na teško suzbijanje iziskuju poseban pristup, pa za njih preporučujemo posebnu tehnologiju koja će se vremenom na osnovu dobijenih rezultata poboljšavati i prilagođavati. Za vrstu cigansko perje (*Asclepias syriaca*) prvo tretiranje uraditi kada mladi izdanci imaju oko 6 listova. Primeniti preparate na bazi aktivne materije glifosat u količini 10-12l/ha ili na bazi aktivne materije 2,4 D u količini 3,0 l/ha i dikamba u količini 1,0 -1,5 l/ha. Tretman ponoviti kada biljke ponovo krenu u rast. Jedino višestrukim tretiranjem – nekoliko godina uzastopce može se uništiti ova veoma otporna biljka. Košenje nije preporučljiva mera – jer se njime forsira rast biljke. Za vrstu rejnutrija (*Reynoutria japonica*) tretiranje raditi kada mladi izdanci imaju oko 30cm - primeniti glifosat u količini 10-12l/ha ili triklopir u količini 5l/ha i tretmane ponavljati po potrebi - kada se biljke obnove Tretiranje se na istoj površini mora nastaviti i naredne godine, a čak i kada izgleda da je biljka uništena mora se pratiti situacija jer rizomi mogu da budu dugo dormantni („uspavani“) a zatim se mogu ponovo aktivirati.

## ZAKLJUČAK

Na putevima IA reda u putnom pojasu su prisutne invazivne vrste biljaka (korova) i evidentno je njihovo širenje. Kao najagresivnije i najteže za suzbijanje javljaju se ambrozija (*Ambrosia arthemisiifolia*) rejntrija (*Reynoutria japonica*) i cigansko perje (*Asclepias syriaca*). Kako bi se proces njihovog širenja usporio i stavio pod kontrolu, olakšalo suzbijanje drugih ekonomski štetnih vrsta koje se teško suzbijaju a prisutne su u putnom pojasu kao što su sirak (*Sorghum halepense*), velika zlatnica (*Solidago gigantea*), repušnjaka (*Solidago canadensis*), palamida (*Cirsium arvense*), čičoka (*Helianthus tuberosus*), vučja stopa (*Aristolochia clematidis*), barska trska (*Phragmites australis*), bagremac (*Amorpha fruticosa*), petolisni bršljan (*Parthenocissus quinquefolia*), kupina (*Rubus caesius*), živa ograda (*Lycium barbarum*), sladić (*Glycyrrhiza glabra*), hmelj (*Humulus lupulus*), pavit (*Clematis vitalba*) i kineski vučac (*Lycium barbarum* L.) i sprečio (usporio) ulazak drugih invazivnih vrsta, neophodno je u tehnologiju suzbijanja i kontrole vegetacije uključiti hemijske mere – primenu herbicida i arboricida.

## LITERATURA

1. Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of Union concern pursuant to Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council (Official Journal of the European Union 189/4)
2. ControllnRoad Controlling the spread of invasive species with innovative methods in road construction and maintenance, List of invasive alien plants along roadsides Deliverable No 4 01.2018 CEDR Transnational Road Research Programme Call 2016: Conflicts along the Road: Invasive Species and Biodiversity, funded by Germany, Sweden, Netherlands, Ireland, Austria, Slovenia and Norway
3. Guidelines for physical weed control research: flame weeding, weed harrowing and intra-row cultivation EWRS 9<sup>th</sup> Workshop Physical and Cultural Weed Control, Samsun Turkey, 2011
4. Lazarević P., Stojanović V., Jelić I., Perić R., Krsteski B., Ajtić R., Sekulić N., Branković S., Sekulić G., Bjedov V. (2012): Preliminarni spisak invazivnih vrsta u Republici Srbiji sa opštim merama kontrole i suzbijanja kao potpora budućim zakonskim aktima. Zaštita prirode 62/1, 2012
5. Regulation (EU) No. 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species (Official Journal of the European Union 317/35)
6. Zakon o zaštiti prirode Srbije („Službeni glasnik RS”, 36/2009, 88/2010, 91/2010 i 14/2016).
7. Weeds, treatment of unwanted vegetation Trial and comparison for glyphosate free weed treatment in Bristol parks and highway surfaces, Bristol City Council 28/03/2017227



# UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA NASTANAK SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA AUTOPUTEVIMA

Dalibor Pešić<sup>1</sup>, Boris Antić<sup>1</sup>, Emir Smailović<sup>1, a</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Katedra za bezbednost saobraćaja i drumska vozila, Vojvode Stepe 305, Beograd

**Rezime:** Uticaj vremenskih uslova na rizik nastanka saobraćajnih nezgoda privlači sve veću pažnju istraživača. Dva su ključna razloga za to. Informacione tehnologije sa jedne strane omogućavaju detaljnije i pouzdanije analize uticaja vremenskih parametara na bezbednost saobraćaja, dok sa druge strane vremenske prilike imaju sve veći značaj za bezbednost saobraćaja, posebno na autoputevima. U literaturi se prepoznaje negativan uticaj nepovoljnih vremenskih uslova na bezbednost saobraćaja na autoputevima, usled čega nastaju zagušenja i brojni negativni uticaji na životnu sredinu. Na nacionalnom nivou brojni su primeri negativnog uticaja nepovoljnih vremenskih uslova, kao što su magla, padavine i slično, na bezbedno funkcionisanje saobraćaja na državnim putevima IA reda. Nastanak nezgoda u nepovoljnim vremenskim uslovima sa druge strane se povezuje i sa većom težinom saobraćajnih nezgoda. U ovom radu se analiziraju uticaji nepovoljnih vremenskih uslova na bezbednost saobraćaja, na državnim putem IA reda u Srbiji. Jedan od mogućih pravaca delovanja unapređenja bezbednosti saobraćaja na autoputevima, u nepovoljnim vremenskim uslovima, predstavlja korišćenje informacione tehnologije, čije su mogućnosti razmatrane u ovom radu.

**Ključne reči:** nepovoljni vremenski uslovi, brzi putevi, magla, bezbednost saobraćaja, Srbija

## THE EFFECT OF WEATHER CONDITION ON THE OCCURRENCE OF TRAFFIC ACCIDENT AT HIGHWAY ROAD

Dalibor Pešić<sup>1</sup>, Boris Antić<sup>1</sup>, Emir Smailović<sup>1, a</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering, Departement for Traffic Safety and Road Vehicles, Vojvode Stepe 305, Beograd

**Abstract:** The effect of weather conditions on the risk occurrence traffic accidents it's preoccupied attention of numeros researchers. There are two key reasons for this. Information technologies, on the one hand, provide more detailed and reliable analysis of the impact of weather parameters on traffic safety, while, on the other hand, weather conditions are increasingly important for traffic safety, especially on highway road. The literature shown the negative impact of weather conditions on the road safety on highways, resulting in congestion and numerous negative impacts on the environment. At the national level, there are numerous examples of the negative impact of weather conditions, such as fog or precipitation, on the safe functioning of traffic on the state roads of the IA level. The occurrence of accidents in adverse climatic conditions on the other hand also relates to the increased serious of traffic accidents. This paper analyzes the impacts of weather conditions on traffic safety, on the road IA level in Serbia. One of the possible directions for the improvement of traffic safety on highways, in adverse weather conditions, is the use of information technology, whose the possibilities discussed in this paper.

**Keywords:** adverse climatic conditions, highways, fog, traffic safety, Serbia.

### 1. UVOD

Okruženje drumskog saobraćaja sadrži veliki broj različitih faktora koji mogu uticati na nastanak saobraćajne nezgode. Zbog toga se veliki broj istraživača u ovoj oblasti bavi analizama različitih faktora. Iako je do sada uložena značajna napor u istraživanja i dalje uticaji nekih faktora ostaju nedovoljno istraženi. Razvoj tehnologije, kao što je napredak u poljima Inteligentnih Transportnih Sistema (ITS) i meteorologije omogućio je detaljnija istraživanja vremenskih uslova na saobraćaj. Korišćenjem savremenih tehnologija stvorena je mogućnost istraživanja u realnom vremenu, što predstavlja značajan napredak u odnosu na prethodni period.

Problemi bezbednog odvijanja saobraćaja na autoputevima u Srbiji su evidentirani proteklih godina. Saobraćajne nezgode sa najtežim posledicama u Srbiji u proteklih decenijama upravo su se dogodile na autoputu, u uslovima smanjene vidljivosti. U takvim saobraćajnim nezgodama učestvuje veći broj vozila, što uz ostale okolnosti ograničava mogućnost utvrđivanja uzroka njihovog nastanka.

---

<sup>a</sup> Autor zadužen za korespondenciju: e.smailovic@sf.bg.ac.rs



Sagledavajući trenutne probleme bezbednog odvijanja saobraćaja na autoputevima u našoj zemlji, kao i brojna istraživanja ovog problema u svetu, ovaj rad razmatra rizik nastanka saobraćajnih nezgoda na državnim putevima IA reda, tj. na autoputevima, sa posebnim osvrtom na uslove smanjene vidljivosti. Trenutne studije kao najznačajniji negativan efekat bezbednog odvijanja saobraćaja na autoputu ističu maglu, zbog čega je i u ovom istraživanju posebna pažnja posvećena uslovima smanjenje vidljivosti usled vremenskih uslova, kao što je magla ili sumaglica.

Za istraživanje ove teme izvršena je pretraga glavnih baza podataka. U obzir su uzeti internacionalni naučni časopisi i konferencije. Radovi su razmatrani ukoliko se u njima diskutovalo o vremenskim efektima na bezbednost saobraćaja.

Ovo istraživanje je strukturirano na sledeći način: u drugom poglavlju opisani su efekti uslova smanjene vidljivosti na bezbednost saobraćaja. U sledećem poglavlju dat je osvrt na metodologiju ovog istraživanja, dok su u četvrtom poglavlju analizirane saobraćajne nezgode na državnim putevima IA reda u Srbiji, sa posebnim osvrtom na uslove smanjene vidljivosti. U nastavku je predstavljena diskusija rezultata i zaključna razmatranja predmetnog istraživanja.

## 2. IZDOJENI UTICAJI OKRUŽANJA I PUTA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Najčešći parametri vremena čiji se uticaj na bezbednost saobraćaja analizira su padavine, temperatura, vidljivost i brzina vetra. Padavine se u većini studija povezuju sa većim brojem nezgoda (Andrey i Yagar, 1993; Fridstrøm i dr., 1995; Edwards, 1996; Chang i Chen, 2005). Poznato je da uticaj smanjene vidljivosti ima značajan uticaj na saobraćajni tok (Wu i dr., 2018). Vozači različito reaguju na uslove smanjene vidljivosti. Neki vozači u uslovima smanjene vidljivosti smanje brzinu, dok drugi vozači to ne čine (Al-Ghamdi, 2007). Različite reakcije vozača na uslove smanjene vidljivosti stvaraju promene u saobraćajnom toku.

Studije ističu veći rizik nastanka nezgoda sa težim posledicama i nezgode sa učešćem većeg broja vozila u uslovima magle (Abdel-Aty i dr., 2011). Huang i dr. (2010) u svojoj studiji rizika nastanka nezgoda u uslovima smanjene vidljivosti u Floridi, došli su do zaključka da su jutarnji sati od decembra do februara najrazličniji za nastanak nezgoda povezanih sa maglom, pri čemu su čeonni sudari i sustizanje najčešći tipovi nezgoda. Autori zaključuju i da putevi sa većim brzinama, putevi sa jednim kolovozom i putevi bez trotoara imaju veći rizik nastanka nezgoda u uslovima smanjene vidljivosti. Kao posebno rizične puteve za nastanak nezgoda u uslovima smanjene vidljivosti autori ističu dvotračne puteve van naselja.

U kasnijem istraživanju u Floridi, Wu i dr. (2018) su slično kao u prethodnom istraživanju prikupljali podatke o uslovima vidljivosti sa aerodroma, pri čemu su u realnom vremenu analizirali uslove u saobraćajnom toku i rizik nastanka nezgoda na saobraćajnicama. Na osnovu podataka u realnom vremenu, odnosno preklapanjem podataka vidljivosti i parametara saobraćajnog toka autori zaključuju da se protok i prosečna brzina smanjuju u uslovima magle. Na osnovu indikatora promene rizika definisanog od strane Wu i dr. (2018), koji predstavlja rizik nastanka nezgode u skladu sa podacima saobraćaja u realnom vremenu, autori zaključuju da na rampama autoputeva i lokacijama sa većim obimom saobraćaja postoji povećan rizik nastanka nezgoda u uslovima magle.

Wang i dr. (2015) su istraživali nezgode koje su se dogodile na rampama autoputa i došli do zaključka da je vidljivost značajan faktor nastanka nezgoda sa više vozila, kao i nezgoda sa učešćem jednog vozila. Neki autori (Hassan i dr., 2011) povezuju uslove smanjene vidljivosti u periodu 10-15 minuta pre nastanka nezgode sa povećanim rizikom.

Sa druge strane, na rizik nastanka nezgode značajan uticaj, pored vremenskih uslova imaju i kategorija puta, odnosno uslovi u saobraćajnom toku. Putna mreža nekog područja sastoji se od različitih kategorija saobraćajnica, pri čemu se smatra da su autoputevi najbezbednija kategorija saobraćajnica, jer se za razliku od ostalih kategorija saobraćajnica, na autoputevima se ređe događaju saobraćajne nezgode. U odnosu na izloženost (pređeni put, protok ili vreme putovanja), rizik nastanka saobraćajnih nezgoda je najmanji na autoputu. Razloge u ovakvim činjenicama treba tražiti u tome što su kolovozne trake za suprotne smerove fizički razdvojene, u tome što postoji potpuna kontrola pristupa, u tome što su specifični načini ukrštanja (denivelisani) koji smanjuju broj i težinu konflikata, itd. Za razliku od autoputeva, putevi u naseljima, a posebno putevi van naselja predstavljaju rizičnije kategorije saobraćajnica. Naime, Elvik i Vaa (2004) navode 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 (4 do 6 puta veći u odnosu na autoputeve). Dodatno,

loše stanje površine kolovoza, kao i propusti u projektovanju i održavanju puteva značajno umanjuju stanje bezbednosti saobraćaja.

Uticaj brzih saobraćajnica koje imaju fizički razdvojene kolovoze na stanje bezbednosti saobraćaja, razmatran je i u istraživanjima Evropske Komisije, 2004. i 2016. godine, gde se konstatuje da putevi sa jednim kolovozom imaju manju ocenu bezbednosti u odnosu na brze saobraćajnice (EC, 2004; EC, 2016).

Sa aspekta uslova u saobraćajnom toku, parametri koji se najčešće povezuju sa rizikom nastanka nezgoda su protok, gustina i prosečna brzina saobraćajnog toka. Nakon početnih linearnih zavisnosti protoka i nastanka saobraćajnih nezgoda, u kasnijim istraživanjima došlo se do zakonitosti protoka i rizika nastanka nezgoda, u obliku parabole, odnosno slova "U".

Kako je u ovom istraživanju predmet analiza uticaja magle na rizik nastanka nezgoda na autoputu, značajno je razmotriti uslove saobraćajnog toka na višetraknim saobraćajnicama, sa aspekta rizika nastanka nezgode. Do linearne zavisnosti povećanja protoka i nastanka nezgoda su došli Turner i Thomas (1986) za autoputeve sa 2 i 3 trake. Kada je u pitanju težina nezgoda Turner i Thomas (1986), zaključuju da sa povećanjem protoka, težina nezgoda opada na autoputevima. Caliendo i dr. (2007) su pokazali da postoji pozitivna korelacija protoka i broja nezgoda na autoputu sa 4 trake. Međutim, postoje i drugačiji rezultati istraživanja Vitaliano i Held (1991) koji nisu ustanovili da se događa veći broj nezgoda sa povećanjem protoka.

U prethodnom delu pregleda literature istaknuti su značajni uticaji vremenskih uslova i puta na bezbednost saobraćaja. Razmatrani su uslovi smanjene vidljivosti na posebno magle na bezbedno odvijanje saobraćaja na autoputevima. Istraživanja u ovoj oblasti pokazuju jaku povezanost magle i rizika nastanka nezgoda, ističući povećan rizik na rampama autoputeva, pri većem obimu saobraćaja i periodu od decembra do februara meseca. Sa druge strane autoputevi predstavljaju najbezbedniju kategoriju puteva, posebno sa aspekta protoka ili broja pređenih kilometara. Kada je u pitanju protok na autoputevima, rezultati nisu dovoljno jasni, zato što neka istraživanja ukazuju da sa povećanjem protoka na višetraknim saobraćajnicama ne dolazi do većeg rizika nastanka nezgoda.

### 3. PREDMET I METOD ISTRAŽIVANJA

U literaturi su prepoznati faktori vremena i puta povezani sa većim rizikom nastanka saobraćajnih nezgoda. Sagledavajući uticaje različitih faktora u svetu, kao i evidentirane probleme bezbednog odvijanja saobraćaja na autoputevima u našoj zemlji, u ovom istraživanju su analizirani uticaji uslova smanjene vidljivosti na rizik nastanka saobraćajnih nezgoda. S obzirom na izražen negativan efekat smanjene vidljivosti na autoputevima, u istraživanju su razmatrani samo autoputevi u Srbiji.

Period posmatranja obuhvata 2017. godinu i sve saobraćajne nezgode koje su se dogodile na putevima IA reda u Srbiji. Ukupan uzorak istraživanja čini 1.086 nezgoda koje su se dogodile od 01.01.2017. godine do 31.12.2017. godine. U periodu prikupljanja podataka ukupna dužina autoputeva u Srbiji iznosila je oko 620 km, obuhvatajući oko 485 km autoputa A1, od Horgoša ka Preševu; 94 km autoputa A3, Beograd – Batrovci i 40 km autoputa A2, Ljig-Preljina.

Na predmetnim deonicama autoputa u Srbiji analizirane su sve saobraćajne nezgode evidentirane od strane saobraćajne policije. Uslovi smanjene vidljivosti prikupljeni su iz podataka o meteorološkim uslovima u Srbiji, i to tako što je za najbližu meteo stanicu lokaciji saobraćajne nezgode očitani dostupni parametri vremena. Opis vremena najbliže meteo stanice lokaciji saobraćajne nezgode je povezivan sa saobraćajnom nezgodom na osnovu čega je kreirana baza podataka od 1.086 nezgoda sa zapisima podataka o samoj nezgodi prikupljenim od strane istražnih organa i vremenskih karakteristika.

Poseban aspekt istraživanja je posvećen uslovima smanjene vidljivosti, kao što su magla i sumaglica, sa ciljem da se utvrdi učešće nezgoda u uslovima smanjene vidljivosti u ukupnom broju nezgoda na autoputu, kao i strukturu takvih nezgoda u zavisnosti od kategorije vozila i posledica. Poseban deo analize posvećen je vremenskoj distribuciji nezgoda na autoputu, koje nastaju u uslovima magle sa ciljem da se prepoznaju rizični periodi.

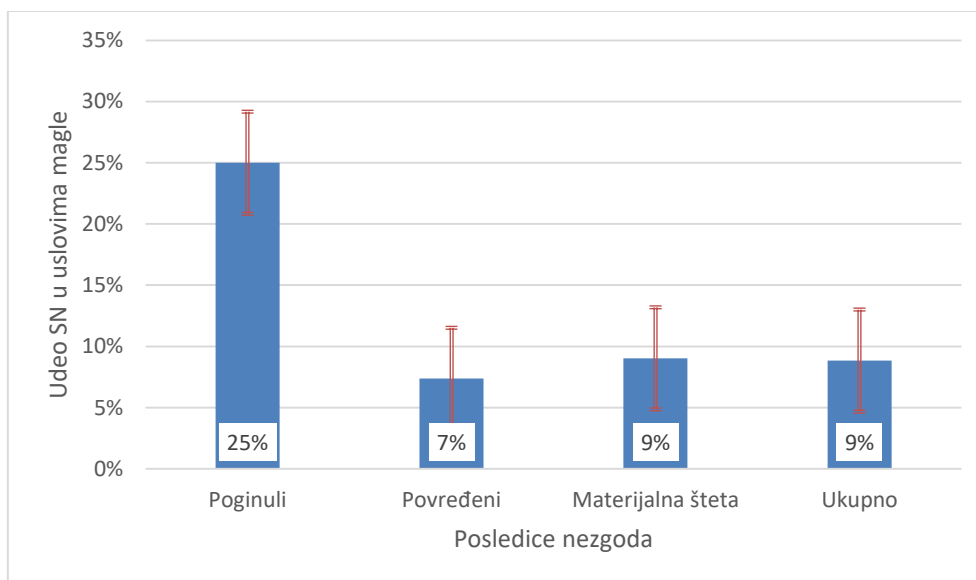
Za ocenu rizika nastanka saobraćajnih nezgoda u uslovima magle izvršen je proračun zastupljenosti magle u Srbiji, za policijske uprave na čijoj teritoriji se nalazi autoput. Naime, da bi se na pravilan način ocenio rizik nastanka magle za nastanak saobraćajnih nezgoda, potrebno je utvrditi udeo vremena u kome se javlja magla. S obzirom da za ovo istraživanje nije bilo moguće kreirati kontrolni uzorak, zbog raspoloživosti podataka, za

ocenu uticaja magle na nastanak nezgoda korišćeno je poređenje udela magle kao vremenskih uslova u ukupnom periodu vremena i udela nezgoda u uslovima magle u odnosu na ukupan broj nezgoda. Veći udeo nezgoda u uslovima magle u odnosu na udeo magle u vremenskim uslovima ukazuje na povećan rizik nastanka nezgoda određenog tipa u uslovima magle. Ako je udeo nezgoda u uslovima magle sličan udelu magle u istraživanom vremenskom periodu, ne može se govoriti o povećanom riziku nastanka nezgoda u uslovima magle.

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Tokom 2017. godine, prosečno 7% vremena na teritoriji policijskih uprava gde se nalazi autoput bila je prisutna magla ili sumaglica. Ako uticaj magle ne bi bio postojao na rizik nastanka saobraćajnih nezgoda, mogli bi da očekujemo da se oko 7% nezgoda događa u uslovima magle ili sumaglice.

Analiza zastupljenosti saobraćajnih nezgoda u uslovima magle u zavisnosti od posledica, pokazuje da se svaka 4 nezgoda sa poginulim licima dogodila u uslovima smanjene vidljivosti. Prosečno, 9% svih nezgoda na autoputu u Srbiji se događa u uslovima magle. Udeo nezgoda sa povređenim licima u uslovima magle je sličan proseku zastupljenosti magle u jednočasovnim vremenskim periodima tokom godine (7%). Navedena analiza ukazuje da je rizik nastanka nezgoda sa poginulim licima na autoputu značajno povećan u uslovima magle. Naime, 3,5 puta je veći udeo nezgoda sa poginulim licima u uslovima magle u odnosu na realni period prisustva magle tokom godine (Dijagram 1).

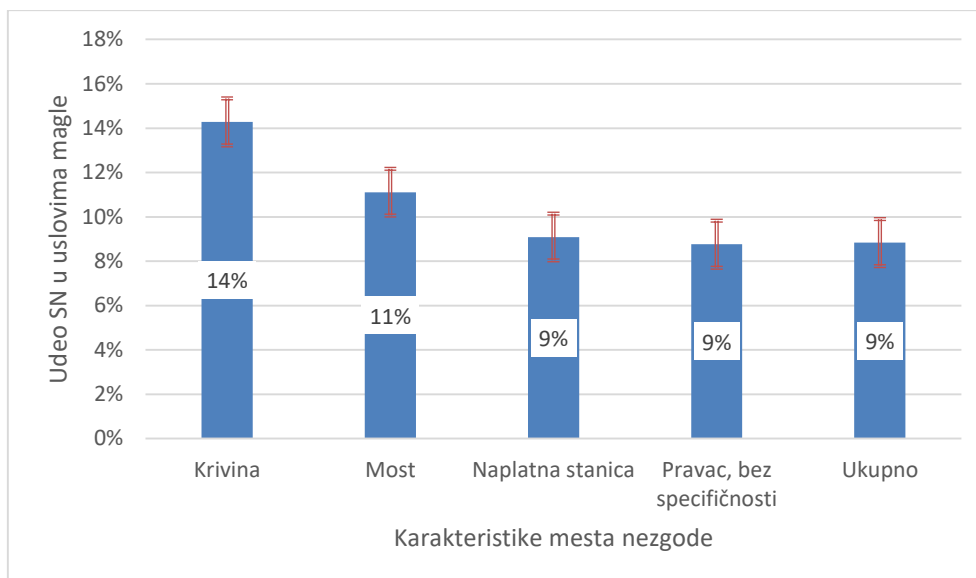


Dijagram 1. Udeo saobraćajnih nezgoda u uslovima magle prema posledicama

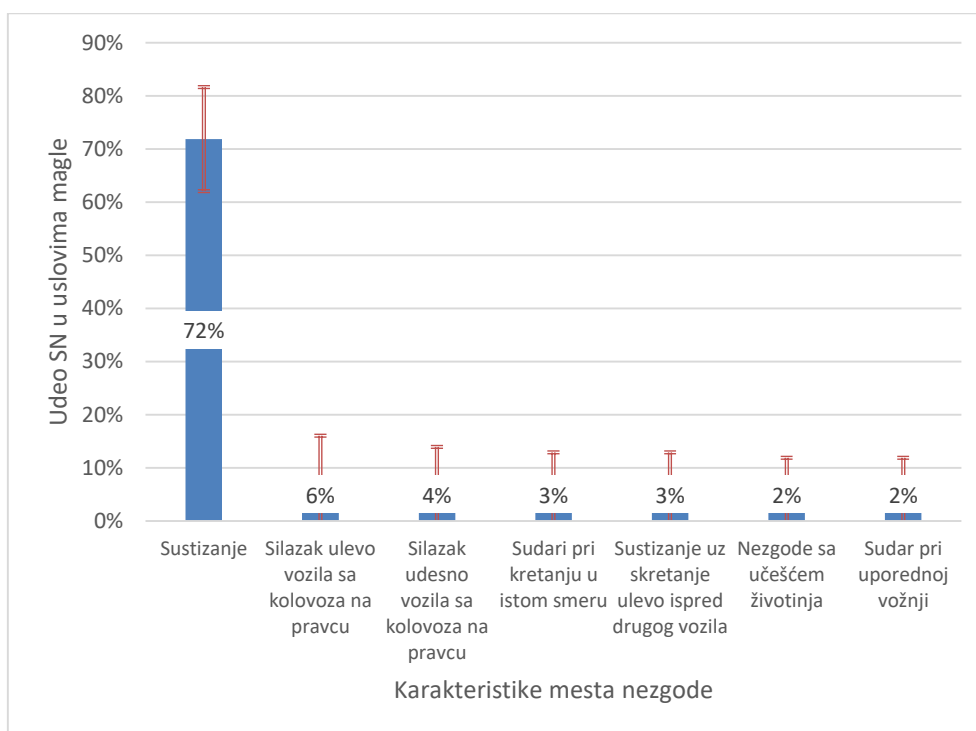
Nezgode u uslovima magle na autoputu najčešće se događaju na krivinama i na mostovima. Navedene dve lokacije imaju povećan rizik nastanka nezgoda u uslovima magle, uvažavajući prosečno prisustvo magle na istraživanom području. Od ostalih lokacija sa posebnim specifičnostima, zone naplatnih stanica i pravci pojavljuju se kao zone mogućeg većeg rizika nastanka nezgoda u uslovima magle (Dijagram 2).

Najzastupljeniji tip saobraćajne nezgode u uslovima magle je sustizanje. Naime, 72% nezgoda tipa sustizanje na autoputu u Srbiji se događa u uslovima magle, zbog čega se može zaključiti da je u uslovima magle povećan rizik nastanka navedenog tipa saobraćajnih nezgoda (Dijagram 3). Od ostalih tipova saobraćajnih nezgoda u uslovima magle pojavljuju se nezgode tipa silazak vozila sa kolovoza u levu ili desnu stranu, sudari pri kretanju u istom smeru sa ili bez skretanja, kao i učešće životinja u nezgodama. Međutim, udeo navedenih nezgoda je značajno manji od uopštenog prisustva magle, zbog čega se ne može govoriti o povećanom riziku nastanka saobraćajnih navedenih tipova nezgoda u uslovima magle.

Kada su u pitanju uslovi osvetljenosti (dan, noć, sumrak/svitanje), rezultati istraživanja ukazuju da navedeni uticaj nije izražen kod nastanka nezgoda u uslovima magle. Naime, približno podjednako se u dnevnim i noćnim uslovima, kao i uslovima sumrak/svitanje događaju nezgode uz prisustvo magle.



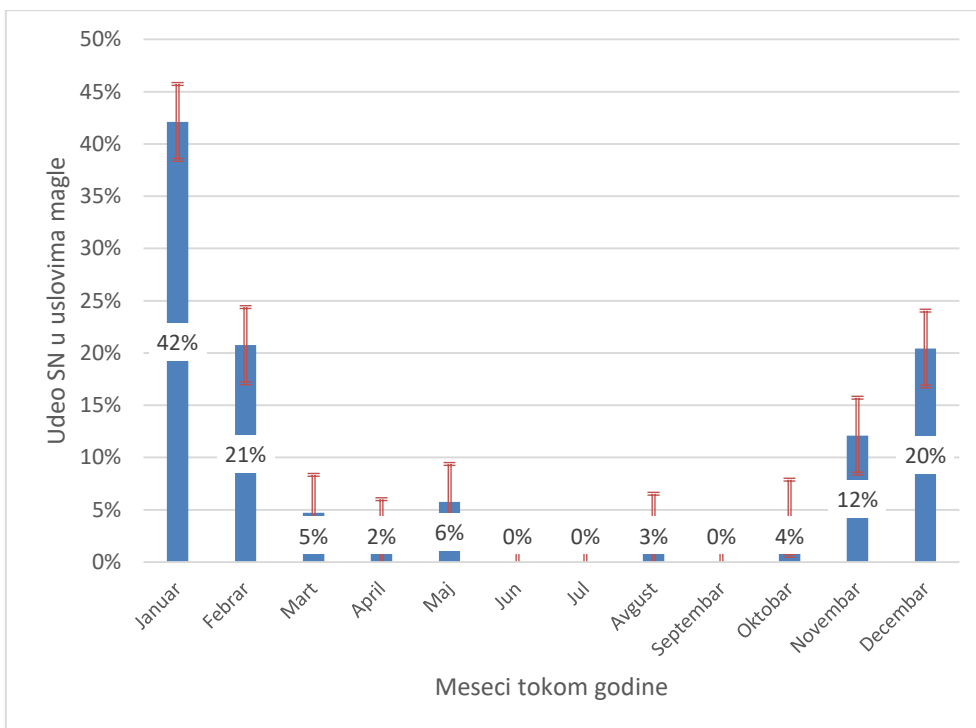
Dijagram 2. Udeo saobraćajnih nezgoda u uslovima magle prema karakteristika mesta nezgode



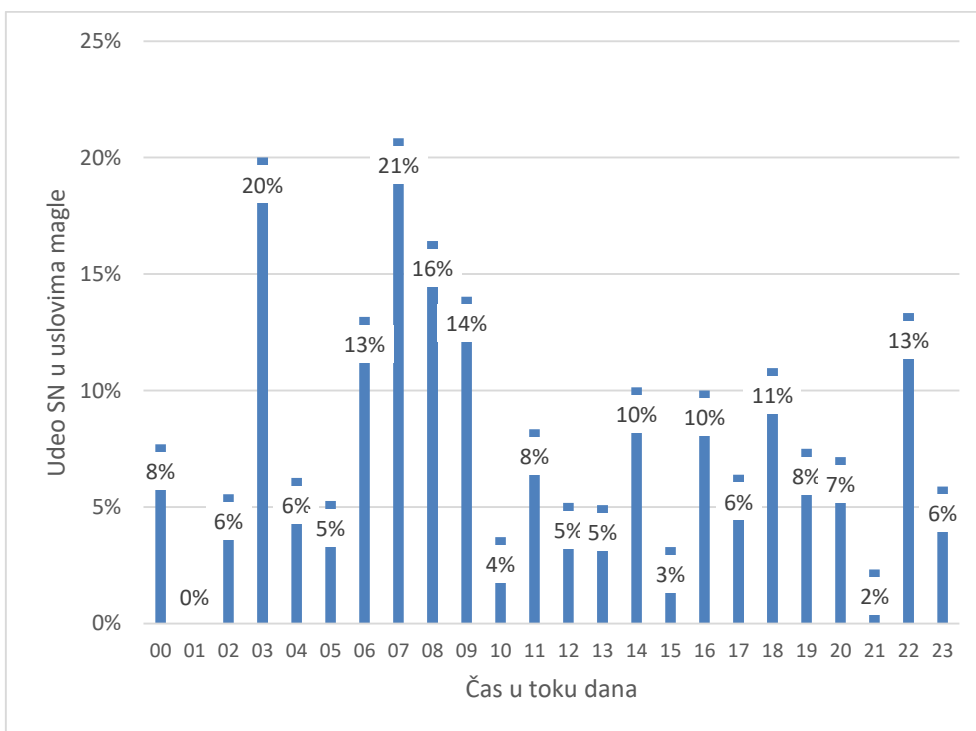
Dijagram 3. Udeo saobraćajnih nezgoda u uslovima magle prema tipu nezgode

Saobraćajne nezgode u uslovima magle značajno se češće događaju u zimskim mesecima, od novembra do februara. Najveći udeo nezgoda u uslovima magle događa se u januaru, kada se približno svaka druga nezgoda na autoputu u Srbiji dogodi u uslovima magle. Tokom decembra i februara, približno svaka peta nezgoda na autoputu u Srbiji se događa u uslovima magle. Značajnije učešće nezgode u uslovima magle, u odnosu na ukupan broj nezgoda je tokom novembra meseca, kada se 12% nezgoda na autoputu dogodi u uslovima magle.

Rezultati ove studije pokazuju da je najrizičniji period za nastanak nezgode u uslovima magle jutarnji period dana, od 6 do 9 sati, kada se u proseku oko 15% nezgoda dogodi u uslovima magle. Od ostalih perioda dana, kao više rizični periodi mogu se izdvojiti rani jutarnji period oko 3 sata i večernji period oko 22 sata. Uzimajući u obzir udeo saobraćajnih nezgoda tokom godine i časovnu raspodelu tokom dana, može se zaključiti da su jutarnji periodi od novembra do februara najrizičniji za nastanak saobraćajnih nezgoda u uslovima magle.



Dijagram 4. Udeo saobraćajnih nezgoda u uslovima magle prema mesecima nastanka



Dijagram 5. Udeo saobraćajnih nezgoda u uslovima magle prema času u toku dana

## 5. DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Cilj ovog istraživanja je da identifikuje specifičnosti nastanka saobraćajnih nezgoda u uslovima magle na autoputevima u Srbiji. Za taj cilj korišćeni su podaci o saobraćajnim nezgodama i vremenskim uslovima. Oko 7% vremenskog perioda koji je bio istraživana pripada uslovima magle ili sumaglice. Prosečno 9% nezgoda na autoputu može se svrstati u grupu nezgode u uslovima magle, na osnovu čega se može generalno doći do zaključka da magla neznatno povećava rizik nastanka svih nezgoda.

Analiza nezgoda sa poginulim licima na autoputu, pokazuje da je rizik njihovog nastanka značajno povećan u uslovima magle. Naime, svaka četvrta nezgoda sa poginulim licima na autoputu događa se u uslovima magle, dok je udeo magle u istraživanom periodu značajno manji, na osnovu čega se može zaključiti da magla ima veliki uticaj na nastanak saobraćajnih nezgoda sa najtežim posledicama. Razlozi za takve rezultate mogu biti dva. U uslovima magle otežano je održavanje putanje kretanja vozila u saobraćajnoj traci. Drugi razlog je nepostojanje mogućnosti blagovremenog uočavanja zaustavljenih vozila na autoputu. U uslovima magle, vozači nemaju mogućnost blagovremenog uočavanja vozila koja su zbog nekog razloga ili prethodne nezgode zaustavljeni na autoputu. U takvim saobraćajnim okolnostima nastaju nezgode sa teškim posledicama, što može delimično objasniti rezultate istraživanja. Veća težina nezgoda u uslovima magle na autoputu prepoznata je i u istraživanju Abdel-Aty i dr., 2011.

Zaustavljanje, odnosno zagušenja koja nastaju na autoputu predstavljaju izazov i posebnu opasnost za bezbednost saobraćaja. Veće brzine koje su karakteristične na autoputu i ograničeni uslovi vidljivosti predstavljaju opasnost koju vozači ne sagledavaju ispravno. Čak i kada su upoznati sa opasnošću takvih vremenskih uslova, vozači imaju dilemu kako se ponašati, zato što se drugi vozači kreću većim brzinama. Razlika u brzinama na autoputu predstavlja dodatnu opasnost za bezbedno odvijanje saobraćaja.

Lokacije koje predstavljaju potencijalnu opasnost za nastanak saobraćajnih nezgoda u uslovima magle na autoputu su krivine i mostovi. Na navedenim lokacijama identifikovano je veće učešće nezgoda u uslovima magle. Krivine predstavljaju potencijalno opasne lokacije, gde u uslovima smanjene vidljivosti je teže održati vozilo u saobraćajnoj traci, pa su mogući silasci vozila sa kolovoza ili udar u zaustavljena vozila u zaustavnoj traci. U zoni mostova moguća je češća i gusta pojava magle, zbog čega to mogu biti lokacije povećanog rizika. Naime, bez obzira što je vozačima poznato da se kreću u uslovima magle, nailazak na gustu maglu može uticati na promenu brzine određenih vozača, zbog čega mogu nastati nezgode.

Opasnost od nastanka nezgoda tipa sustizanje na autoputu u uslovima magle je prepoznata od strane većeg broja istraživanja Abdel-Aty i dr., 2011; Huang i dr., 2010; Wu i dr., 2018. Takvi rezultati intuitivno su jasno, i predstavljaju posledicu vožnje u uslovima smanjene vidljivosti. Usled različitog reagovanja vozača na pojavu magle, moguće su različite brzine vozila, zbog čega nastaju nezgode tipa sustizanje. Dakle, reagovanje i promena brzine vozača na pojavu magle predstavlja opasnost za bezbedno odvijanje saobraćaja u uslovima magle.

Saobraćajne nezgode u uslovima magle značajno se češće događaju u zimskim mesecima, od novembra do februara, što je slično rezultatima istraživanja na Floridi (Wu i dr. 2018). Generalno, u navedenim mesecima je značajno češća pojava magle, zbog čega su dobijeni rezultati očekivani. Ono što je karakteristično za nezgode na autoputu u našoj zemlji da se približno polovina nezgoda u januaru dogodi u uslovima magle, što ukazuje na posebno rizičan period. Dobijeni rezultati mogu biti posledica češće pojave magle u januaru, u odnosu na ostale mesece, za šta je potrebno sprovesti dodatna istraživanja. Potrebno je utvrditi zastupljenost magle u januaru, u odnosu na ostale mesece od novembra do februara.

Rezultati ove studije su pokazali da je najrizičniji period za nastanak nezgode u uslovima magle jutarnji period dana, od 6 do 9 sati, što može predstavljati posledicu češće pojave magle u tom periodu dana. Sagledavanjem svih rezultata istraživanja, može se zaključiti da je jutarnji period dana u januaru mesecu u Srbiji na autoputu najrizičniji za nastanak nezgoda sa poginulim licima. Takve nezgode uglavnom se događaju u sustizanju. Povećan rizik nastanka nezgoda sa poginulim licima u uslovima magle postoji od novembra do februara meseca u jutarnjem periodu dana.

Rešavanje problema bezbednog odvijanja saobraćaja na državnim putevima IA ranga u Srbiji, tokom zimskih meseci predstavlja izazov za upravljača puta. Nastanak nezgoda sa većim brojem učesnika dovodi do većih zagušenja, što ima negativni uticaj na životnu sredinu i okruženje lokacija na kojima se stvaraju zagušenja. Upravljanje saobraćajnim tokovima u uslovima smanjene vidljivosti zahteva prikupljanje većeg broja podataka i tehničku opremljenost puteva na način da se može pravovremeno preneti poruka vozačima. Poruke vozačima

moguće je preneti na različite načine, pri čemu se izdvajaju displeji sa izmenjivim sadržajem poruka i radio komunikacija. Navedeni načini komunikacije sa vozačima omogućavaju prenošenje poruke o uslovima smanjene vidljivosti. Međutim, ostaje pitanje način reagovanja vozača na uslove smanjenje vidljivosti, što predstavlja sledeći izazov u upravljanju. Ovo istraživanje je pokazalo da su različite reakcije vozača na uslove smanjene vidljivosti jedan od faktora koji doprinosi većoj opasnosti.

## Zahvale

Zahvaljujemo se Agenciji za bezbednost saobraćaja Republike Srbije na podršci u realizaciji ovog istraživanja i dostavljenim podacima saobraćajnih nezgoda, korišćenim u istraživanju.

## Literatura

- [1] Abdel-Aty, M., Ekram, A., Huang, H., Choi, K., 2011. A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. *Acc. Anal. Prev.* 43 (5), 1730–1737.
- [2] Al-Ghamdi, A.S., 2007. Experimental evaluation of fog warning system. *Accid. Anal. Prev.* 39, 1065–1072.
- [3] Andrey, J., Yagar, S., 1993. A temporal analysis of rain-related crash risk. *Accid. Anal. Prev.* 25 (4), 465–472.
- [4] Caliendo, C., Guida, M., Parisi, A., 2007. A crash-prediction model for multilane roads. *Accid. Anal. Prev.* 39, 657–670.
- [5] Chang, L.-Y., Chen, W.-C., 2005. Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. *J. Saf. Res.* 36, 365–375.
- [6] Edwards, J.B., 1996. Weather related road accidents in England and Wales: a spatial analysis. *J. Transp. Geogr.* 4 (3), 201–212.
- [7] Elvik R, Vaa T. *The Handbook of Road Safety Measures*. 2004, Elsevier.
- [8] European Commission (2004) 'Road network safety ratings', [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/safetyratings/safety\\_ratings\\_in\\_use/road\\_network\\_safety\\_ratings\\_hr](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/safetyratings/safety_ratings_in_use/road_network_safety_ratings_hr)
- [9] European Commission (2016) 'Safety Ratings', [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/ersosynthesis2016-summary-safetyratings5\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/ersosynthesis2016-summary-safetyratings5_en.pdf)
- [10] Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., Thomsen, L.K., 1995. Measuring the contribution of randomness, exposure, weather and daylight to the variation in road accidents. *Accid. Anal. Prev.* 27 (1), 1–20.
- [11] Hassan, H., Abdel-Aty, M., 2011. Exploring visibility-related crashes on freeways based on real-time traffic flow data. *Transportation Research Board 90th Annual Meeting* (No. 11-0920).
- [12] Huang, H., Abdel-Aty, M., Ekram, A.A., Oloufa, A.A., Chen, Y., Morrow, R., 2010. Fog-and Smoke-Related crashes in Florida: identifying crash characteristics, spatial distribution, and injury severity. *Transportation Research Board 89th Annual Meeting*.
- [13] Turner, D.J., Thomas, R., 1986. Motorway accidents: an examination of accident totals, rates and severity and their relationship with traffic flow. *Traffic Engineering and Control* 27 (7/8), 1–2.
- [14] Vitaliano, D.F. and J. Held (1991). Road accident external effects: An empirical assessment. *Applied Economics*, 23: 373-378.
- [15] Wang, L., Shi, Q., Abdel-Aty, M., 2015. Predicting crashes on expressway ramps with real-time traffic and weather data. *Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board* 2514, 32–38.
- [16] Wu, Yina, Abdel-Aty, M. Lee, J.; 2018. Crash risk analysis during fog conditions using real-time traffic data. *Acc. Anal. Prev.* 114:4-11.

## JOŠ JEDNOM O UTICAJU KLIMATSKIH EKSTREMA NA PROCENU RIZIKA OD PLAGLJENJA SAOBRAĆAJNICA I PUTNIH INFRASTRUKTURA

**Prof. dr Stevan Prohaska<sup>1</sup>, dipl. građ. inž.**

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Beograd, [stevan.prohaska@jcerni.rs](mailto:stevan.prohaska@jcerni.rs)

**Dr Milan Stojković, dipl. građ. inž.**

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Beograd, [milan.stojkovic@jcerni.rs](mailto:milan.stojkovic@jcerni.rs)

**Rezime:** Saobraćajnice i druge putne infrastrukture projektuju se na merodavne velike vode, usvojenih povratnih perioda, koje hidrolozi određuju na osnovu raspoloživih hidrometeoroloških podataka sa najbližih zvaničnih stanica RHMZ Srbije. Uglavnom se koriste vremenske serije maksimalnih godišnjih protoka i ekstremnih godišnjih padavina registrovanih na padavinskim i pluviografskim stanicama. Problem je što su raspoložive serije navedenih hidrometeoroloških promenljivih slučajne veličine i nedovoljno duge za pouzdaniju statističko-probabilističku procenu vrednosti veoma retkih verovatnoća pojave, odnosno dužine povratnih perioda na koje se projektuje saobraćajna i putna infrastruktura. Stohastički karakter navedenih pojava ukazuje na veliku mogućnost nepojavljivanja ekstremnih slučajeva u raspoloživom periodu osmatranja, kakav je bio primer pojave padavina i poplava u maju mesecu 2014. godine u Srbiji. Nažalost, sve značajnije saobraćajnice i putna infrastruktura uglavnom su projektovani pre 2014. godine i ti događaji, veoma vredni sa hidrološkog stanovišta, nisu bili uključeni u ocenu merodavnih velikih voda, što ima za posledicu da su velike vode u tim projektima uglavnom potcenjene. To praktično znači da je stručno neophodno i društveno opravdano da se svi postojeći projekti, neizvedeni ili u procesu izvođenja, pa i oni izgrađeni, još jednom preispitaju sa gledišta hidroloških proračuna usvojenih merodavnih voda, kako bi se realnije ocenili rizici od njihovog plavljenja i definisale mere zaštite od poplava.

**Ključne reči:** klimatski ekstremi, procena rizika, merodavne velike vode, verovatnoća pojave, povratni periodi, zaštita od plavljenja

## ONCE MORE ON THE IMPACT OF CLIMATE EXTREMES ON ASSESSMENT OF ROADS AND ROAD INFRASTRUCTURE FLOODING RISK

**Prof. Dr. Stevan Prohaska, civil engineer**

Water Institute „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Belgrade, [stevan.prohaska@jcerni.rs](mailto:stevan.prohaska@jcerni.rs)

**Dr. Milan Stojković, civil engineer**

Water Institute „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Belgrade, [milan.stojkovic@jcerni.rs](mailto:milan.stojkovic@jcerni.rs)

**Abstract:** Roads and other road infrastructure are designed for high waters of adopted return periods which hydrologists determine based on available hydrometeorological data from the nearest official stations of RHSS. Series of maximum annual discharges and extreme annual precipitation recorded at precipitation and pluviograph stations are mostly in use. The problem is that the available series of these hydrometeorological variables are random variables and insufficiently long for a more reliable statistical-probabilistic assessment of the very rare probability of occurrence, respectively, of the return period length on which the roads and road infrastructure are projected. The stochastic character of these phenomena points to the great possibility that extreme cases will not occur in the available observation period, as it was the case of precipitation and floods occurrence in May 2014 in Serbia. Unfortunately, all major roads and road infrastructure were mostly designed before 2014, and these events, which were very valuable from the hydrological point of view, were not included in the assessment of relevant high waters, so in these projects high waters were mostly underestimated. This practically means that it is professionally necessary and socially justified to reconsider all the existing projects, either unrealized, built or in the process of construction, from the point of view of the hydrological calculations of the adopted relevant high waters, in order to more accurately assess the risks of their flooding and define the flood protection measures.

**Keywords:** climate extremes, risk assessment, relevant high waters, probability of occurrence, return periods, flood protection

---

<sup>1</sup> [stevan.prohaska@jcerni.rs](mailto:stevan.prohaska@jcerni.rs)



## 1. UVOD

Većina saobraćajnica i putne infrastrukture na teritoriji Republike Srbije projektovana je u periodu od pre deset i više godina, sa raspoloživim hidrološkim podacima iz tog perioda. U međuvremenu pojavile su se značajne poplave na teritoriji naše zemlje, koje u velikom broju slučajeva prevazilaze do tada zabeležene ekstreme. Najznačajnija poplava iz tog perioda je poplava u donjem toku reke Save i u slivu reke Kolubare u maju 2014. godine. Povratni period poplave na donjoj Savi je bio reda veličine hiljadugodišnje velike vode (Prohaska et al. 2019). U istom periodu u slivu reke Kolubare pojavila se i katastrofalna poplava, kada je praktično došlo do koincidencije velikih voda sa levih i desnih pritoka, koje su se istovremeno slile u Kolubaru. Na deonicama sa zaštitnim objektima, a to su uglavnom naselja i donji delovi toka, došlo je do preliivanja i proboja nasipa na više mesta u relativno kratkom vremenskom periodu od 1 do 2 dana. Najteže posledice tih proboja doživeo je grad Obrenovac. Istovremeno je došlo do izlivanja vode iz postojećih korita reka Kolubare, Peštana i Vraničine na području lignitskog basena i poplavljeni su kopovi „Tamnava-Zapadno polje“ i „Veliki Crljeni“. Do izlivanja je došlo uzvodno od južne granice otvorenog kopa „Tamnava-Zapadno polje“, zbog preliivanja i rušenja zaštitnih nasipa Kolubare i njenih pritoka Vraničine i Peštana. Kao rezultat toga došlo je do promene toka reke Kolubare. Kolubara je prosekla novo poplavno korito kroz postojeće korito Vraničine, od ušća do otvorenog kopa „Tamnava-Zapadno polje“. Na svom putu ka kopu presekla je i uništila odbrambeni nasip koji je štitiio tamnavske kopove od velikih voda Kolubare, Vraničine i potoka Skobalj. Formiranjem poplavnog korita Kolubare uništeno je ušće Vraničine u Kolubaru, pa se taj vodotok direktno ulivao u kop. Do izlivanja vode u površinski kop „Tamnava-Zapadno polje“ došlo je i usled proloma brane „Kladnica“ (Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, 2016).

U takvim uslovima izlivanja vode u slivu reke Kolubare poplavni talas iz maja 2014. godine je znatno „oslabio“, jer je deo vode akumuliran u potopljene površinske kopove „Tamnava-Zapadno polje“ i „Veliki Crljeni“. U površinski kop „Tamnava-Zapadno polje“ akumulirano je ukupno 183,4 mil. m<sup>3</sup>, 10,9 mil. m<sup>3</sup> doteklo je iz Kladnice, dok je 172,5 mil. m<sup>3</sup> vode doteklo iz Kolubare. U površinskom kopu „Veliki Crljeni“ ukupno je akumulirano oko 15,8 mil. m<sup>3</sup> vode iz Peštana, a procenjeno je da je oko 20 mil. m<sup>3</sup> vode iz reke Tamnave potopilo grad Obrenovac i da je ta voda prodrla u reku Savu na dva mesta.

## 2. PRIKAZ MERODAVNIH VELIKIH VODA U SLIVU REKE KOLUBARE PRI PROJEKTOVANJU AUTOPUTA „E-763 BEOGRAD - JUŽNI JADRAN“

Autoput E-763 ide po trasi korita reka Kolubare i Ljiga, odnosno ukršta se sa njima pod vrlo nepovoljnim uglovima, zbog čega se predviđa izmeštanje i presecanje navednih vodotokova na više mesta. Za potrebe zaštite autoputa od plavljenja tih reka i dimenzionisanje mostovskih otvora u Glavom projektu sračunati su merodavni proticaji različitih verovatnoća pojave. Prikaz tih proticaja na nekoliko ključnih mesta duž trase autoputa dat je u tabeli 1.

### 2.1. Reambulacija velikih voda u slivu reke Kolubare nakon poplave iz maja 2014. godine

Poplava iz maja 2014. godine u velikoj meri je promenila stav svih hidrologa prema dosadašnjim obradama velikih voda Kolubare, pa i prema vrednostima usvojenih merodavnih velikih voda u Glavnom projektu autoputa E-763. Naime, poplava iz maja 2014. godine je po mnogim parametrima prevazišla sve do sada registrovane ekstreme, kako sa gledišta vršnih maksimalnih proticaja tako i sa stanovišta zapremina poplavnih talasa. Registrovani brojni „statistički izuzeci“ u 2014. godini, po raznim parametrima, samo ukazuju da se i metodologija proračuna velikih voda mora znatno promeniti i usaglasiti sa novonastalom situacijom na terenu. Katastrofalna kiša koja je izazvala poplavu u maju 2014. godine je bila relativno umerenog intenziteta, ali je dugo neprekidno padala, što je imalo za posledicu homogenu raspodelu ukupnih kiša po celom slivu reke Kolubare. Posledica toga je da se skoro na svim hidrološkim stanicama pojavio „prost“ hidrogram velike vode sa jasno izraženim „pravilnim-školskim“ oblikom hidrograma, sa jasno definisanim fazama pada i porasta hidrograma i pojavom špica poplavnog talasa.

Veoma pravilno osmotreni hidrogrami poplavnog talasa iz maja 2014. godine su opredelili autore ovoga rada da teorijske hidrograme velikih voda definišu pomoću metode „graničnog intenziteta oticaja“ (GIO). Parametri metode (GIO) tarirani su na teorijske krive raspodele verovatnoća maksimalnih godišnjih proticaja i maksimalnih godišnjih zapremina poplavnih talasa, a parametri oblika hidrograma su određeni na bazi oblika

osmotrenih hidrograma u maju 2014. godine na profilima hidroloških stanica. Kod svih razmatranih vremenskih serija, gde su identifikovani „statistički izuzeci“, primenjeni su odgovarajući postupci pri proračunu njihovih teorijskih vrednosti određenih verovatnoća pojave.

U tabeli 1 dat je prikaz osnovnih parametara definisanih teorijskih (merodavnih) hidrograma velikih voda na zvaničnim hidrološkim stanicama RHMZ Srbije, koje najbliže gravitiraju trasi autoputa E-763 kroz kolubarsku dolinu. Napominjemo da je za v.s. Draževac proračun verovatnoće velikih voda rađen za uslove nepotapanja površinskog kopa „Tamnava-Zapadno polje“.

**Tabela 1. Prikaz rezultata proračuna verovatnoće maksimalnih godišnjih proticaja u slivu reke Kolubare na odabranim hidrološkim stanicama RHMZ Srbije –  $Q_{max,p}$  ( $m^3/s$ ) u uslovima pojave poplave iz maja 2014. godine**

Reka	Hidrološka stanica	Verovatnoća pojave (%)			
		0.1	1.0	2.0	5.0
Kolubara	Draževac	2887	1299	1009	713
	Slovac	1309	733	586	414
Ljig	Bogovađa	867	447	359	263

## 2.1. Dosadašnja upozorenja putnoj privredi o promeni merodavnih maksimalnih proticaja u slivu Kolubare nakon poplave iz maja 2014. godine

Prvo upozorenje putnoj privredi Srbije o promeni merodavnih velikih voda duž trase autoputa E-763 upućeno je na 5. naučno-stručnom skupu „Put i životna sredina“, koji je održan od 20. do 22. oktobra 2017. godine u Vršcu, kroz rad autora Prohaska i dr: *Reambulacija velikih voda u slivu reke Kolubare duž trase autoputa „E-763 Beograd - Južni Jadran*. U radu je izvršeno upoređivanje rezultata iz projektne dokumentacije „Projekat autoputa E-763 Beograd - Južni Jadran“ do deonice 5, od km 53+140 do km 77+050, od Lajkovca do Ljiga, na dužini od 25 km, sa merodavnim velikim vodama na najbližim oficijelnim hidrološkim stanicama RHMZ Srbije, obrađenim u studiji.

U navedenom radu je ukazano na to da autoput E-763, po stacionaži od km 53+140 do km 54+400, ide po trasi korita reke Kolubare, odnosno ukršta se pod vrlo nepovoljnom uglom, zbog čega je previđeno izmeštanje, odnosno regulacija Kolubare u dužini od oko 1800m. Korišćeni merodavni proticaji velikih voda za potrebe regulacije, preuzeti iz dokumentacije projekta puta E-763, kao i merodavni proticaji na najbližoj zvaničnoj hidrološkoj stanici Slovac RHMZ Srbije, iz studije unapređenja zaštite od poplava [1], prikazani su u tabeli 2.

**Tabela 2. Uporedni prikaz merodavnih proticaja iz projektne dokumentacije autoputa E-763 i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni regulacije korita reke Kolubare –  $Q_{max,p}$  ( $m^3/s$ )**

Izvor	Verovatnoća pojave (%)		
	0.1	1.0	2.0
Iz dokumentacije projekta puta E-763	488	415	387
Iz studije unapređenja zaštite od poplava	1309	733	586

Iz projektne dokumentacije je, takođe, sagledano da autoput E-763, na sektoru od ušća reke Ljig do grada Ljiga, prati trasu korita reke Ljig, ili ga preseca na više lokacija, što je zahtevalo regulaciju reke Ljig na sedam deonica i izgradnju tri nova mosta. Uporedni prikaz merodavnih proticaja za dimenzionisanje korita reke Ljig i mostovskih otvora iz projektne dokumentacije i odgovarajućih vrednosti iz studije unapređenja zaštite od poplava u slivu reke Kolubare za profil v.s. Bogovađa, dat je u tabeli 3.

**Tabela 3. Uporedni prikaz merodavnih proticaja iz projektne dokumentacije autoputa E-763 i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni regulacije korita reke Ljig –  $Q_{max,p}$  ( $m^3/s$ )**

Izvor	Verovatnoća pojave (%)		
	0.1	1.0	5.0
Iz dokumentacije projekta puta E-763	273	213	167
Iz studije unapređenja zaštite od poplava	867	447	263

Na osnovu prikazanih rezultata izveden je opšti zaključak da su merodavni proticaji koji su korišćeni u projektnoj dokumentaciji autoputa E-763, znatno niži u odnosu na merodavne proticaje koji se koriste za unapređenje zaštite od poplava u slivu reke Kolubare, nakon pojave poplave iz maja 2014. godine. U odnosu na merodavne proticaje iz studije unapređenja zaštite od poplava povratni periodi merodavnih proticaja iz projektne dokumentacije su znatno kraći.

U projektnoj dokumentaciji Glavnog projekta autoputa E-763 je navedeno da je rečno korito dimenzionisano da primi i sprovede hiljadugodišnju veliku vodu, uz napomenu da je „ovako veliki stepen zaštite primenjen jer se radi o objektu od važnosti za Republiku“. Nažalost, podaci iz studije unapređenja zaštite od poplava u slivu reke Kolubare, koja je uzela u obzir i uticaj katastrofalne poplave iz maja 2014. godine pri definisanju merodavnih velikih voda, pokazuje suprotno. Projektna dokumentacija autoputa obezbeđuje stepen zaštite znatno manji od navedenog, koji je trebao da bude hiljadugodišnji. U konkretnom slučaju projektna dokumentacija autoputa E-763 obezbeđuje stepen zaštite:

- kod reke Kolubare – četrdesetogodišnji,
- kod reke Ljig – dvadesetdvo godišnji.

To praktično znači da će, pri pojavi hiljadugodišnje velike vode, autoput biti potopljen u priobalju:

- reke Kolubare – u trajanju od 55 sati,
- reke Ljig – u trajanju od 43 sata.

### 3. DODATNA UPOZORENJA PUTNOJ PRIVREDI O PROMENI MERODAVNIH MAKSIMALNIH PROTICAJA U SLIVU KOLUBARE NAKON POPLAVE IZ MAJA 2014. GODINE NA SEKTORU OBRENOVAC - UB

S obzirom na činjenicu da dosadašnja upozorenja upućena putnoj privredi Srbije nisu, koliko je nama poznato, urodila plodom želja je autora ovoga rada da još jednom upozore nadležne da ni na ostalim deonicama autoputa E-763 situacija sa izborom merodavnih proticaja velikih voda nije ništa bolja. Naime, pregledom tehničke dokumentacije Glavnog projekta autoputa E-763 ustanovljena su takođe značajna odstupanja u izboru merodavnih velikih voda iz projektne dokumentacije i iz studije unapređenja zaštite od poplava u slivu reke Kolubare. Najveća odstupanja evidentna su za deonicu 3, Obrenovac - Ub, što se može videti iz podataka prikazanih u tabeli 4, gde su prikazane vrednosti merodavnih proticaja za dimenzionisanje korita reke Kolubare u zoni mosta na km 16 + 300 iz projektne dokumentacije i odgovarajućih vrednosti iz studije unapređenja zaštite od poplava u slivu reke Kolubare, pod pretpostavkom da nije došlo do potapanja površinskog kopa „Tamnava-Zapadno polje“.

**Tabela 5.** Usporedni prikaz merodavnih proticaja reke Kolubare iz projektne dokumentacije autoputa E-763 i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni mosta na km 16+300 –  $Q_{max,p}$  ( $m^3/s$ )

Izvor	Verovatnoća pojave (%)		
	0.1	1.0	5.0
Iz dokumentacije projekta puta E-763	1097	810	608
Iz studije unapređenja zaštite od poplava – bez potapanja površinskog kopa	2887	1299	713

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da projektna dokumentacija autoputa obezbeđuje znatno manji stepen zaštite od navedenog, koji je trebao da bude hiljadugodišnji. U konkretnom slučaju projektna dokumentacija autoputa E-763 obezbeđuje stepen zaštite:

- u zoni mosta na km 16+300 na reci Kolubari – pedesetogodišnji.

To praktično znači da će pri pojavi hiljadugodišnje velike vode autoput biti potopljen u priobalju mosta:

- u trajanju od 75 sati.

#### 4. ZAKLJUČAK

Nažalost, pošto ništa nije preduzeto, nakon našeg upozorenja iznetog na 5. naučno-stručnom skupu „Put i životna sredina“, koji je održan od 20. do 22. oktobra 2017. godine u Vršcu, a u cilju smanjenju rizika od plavljenja autoputa „E-763 Beograd - Južni Jadran“, zaključak ostaje isti: „prema projektnoj dokumentaciji idejnog i glavnog projekta, autoput 763 na širem sektoru od Obrenovca do Ljiga nema zadovoljavajući/željeni stepen zaštite od velikih voda Kolubare i Ljiga“.

#### Zahvalnost

Predstavljeni rezultati i analize su predmet istraživanja naučnog projekta „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“ (TR-37005) za period 2011–2019. godine Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije. Autori se zahvaljuju ministarstvu na pruženoj finansijskoj pomoći i podršci.

#### Literatura

- [1] Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, 2016. Studija unapređenja zaštite od voda u slivu reke Kolubare – Preliminarni izveštaj.
- [2] Prohaska, S. 2003. *Hidrologija I Deo, Hidro-meteorologija, hidrometrija i vodni režim*. Rudarsko-geološki fakultet, Institut „Jaroslav Černi“, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd.
- [3] Prohaska, S.; Stojković, M.; Jelovac, M.; Božović, N.; Bartoš Divac, V. 2016. Definisanje teorijskih hidrograma velikih voda na hidrološki izučenim profilima u slivu reke Kolubare nakon poplave iz maja 2014. godine. VODA 2016. Srpsko društvo za zaštitu voda, Zlatibor, 75-84.
- [4] Prohaska S.; Stojković M.; Ilić A. 2017. Reambulacija velikih voda u slivu reke Kolubare duž trase autoputa „E-763 Beograd - Južni Jadran“ nakon poplave iz maja 2014. godine. 5. naučno-stručni skup „PUT I ŽIVOTNA SREDINA“, Vršac.
- [5] Zlatanović, N.; Prohaska, S. 2016. Hidrološko-hidraulička rekonstrukcija majske poplave iz 2014. godine u slivu reke Kolubare. VODA 2016. Srpsko društvo za zaštitu voda, Zlatibor, 65-74.

Stevan Prohaska, Milan Stojković

# UTICAJ VREMENSKIH NEPRILIKA NA BRZINE VOZILA NA VANGRADSKIM DVOTRAČNIM PUTEVIMA

Stefan Stojanović, dipl.inž.saobr <sup>1</sup>

dr Vladan Tubić, dipl. inž. saobr <sup>2</sup>

## Rezime

Loši vremenski uslovi nepovoljno utiču na parametre saobraćajnog toka, a posebno treba istać uticaj padavina (kiše i snega), magle i udare vetra. Od prethodno navedenog, padavine najnepovoljnije utiču na parametre saobraćajnog toka, pa je u fokusu ovog rada analiziran uticaj snežnih padavina na promenu prosečnih brzina na dvotračnim vangradskim deonicama. Izvršeno je istraživanje i uporedna analiza brzina između perioda snežnih padavina 7.1.2019 – 13.1.2019 i perioda bez padavina 25.2.2019 – 3.3.2019 godine na dve deonice. Na prvoj deonici Bela Zemlja – Sušica zabeleženo je smanjenje prosečne brzine u periodu intenzivnih snežnih padavina za 8 km/h (11%), a uzorak je činilo 59. 567 vozila, dok je u periodu suvih vremenskih uslova uzorak činilo 65. 157 vozila. Najveći "pad" prosečne brzine je zabeležen u danima četvrtak i petak (22% i 13% respektivno) kada je intenzitet snežnih padavina bio značajno veći u poređenju sa ostalim danima. Na deonici Čestrobrodica – Požega prosečna brzina je redukovana za 7 km/h (10%) a uzorak je činilo 17. 131 vozila u periodu padavina, dok je u periodu suvih vremenskih uslova uzorak činilo 24. 945 vozila. Kao i na prethodnoj deonici najveće smanjenje prosečnih brzina je zabeleženo u danima četvrtak i petak (16% i 13% respektivno) kada je intenzitet snežnih padavina bio značajno veći u poređenju sa ostalim danima.

**Ključne reči:** brzina saobraćajnog toka, vremenski uslovi, vangradski put.

## INFLUENCE POOR WEATHER CONDITION ON THE TRAFFIC FLOW SPEED ON RURAL TWO LINE ROADS

### Abstract

Poor weather conditions adversely affect the parameters of the traffic flow, especially the impact of precipitation (rain and snow), fog and wind blows should be emphasized. From the above mentioned, precipitation affects the parameters of the traffic flow most unfavorably, and in the focus of this paper, the influence of snowfall on the change of average speeds on two-line rural road section is analyzed. Research and comparative analysis of the speeds between the periods of snowfall 7.1.2019 - 13.1.2019 and the period without precipitation 25.2.2019 - 3.3.2019 were carried out on two sections. On the first section of Bela Zemlja - Sušica, the average speed was reduced in the period of intense snowfall by 8 km / h (11%), and the sample comprised 59. 567 vehicles, while in the period of dry weather conditions the sample comprised 65. 157 vehicles. The highest "fall" of the average speed was recorded in the days of Thursday and Friday (22% and 13% respectively) when the intensity of snowfall was significantly higher compared to other days. On the section of Čestrobrodica-Požega, the average speed was reduced by 7 km / h (10%) and the sample comprised 17 131 vehicles in the precipitation period, while in the period of dry weather conditions the sample was 24 945 vehicles. As on the previous section, the greatest reduction in average speeds was observed in Thursdays and Fridays (16% and 13% respectively) when the intensity of snowfall was significantly higher compared to other days.

**Key words:** speed of traffic flow, weather conditions, rural road.

---

<sup>1</sup> Stefan Stojanović, dipl.inž.saobr. Master studije, E-mail: [stojanovic.stefan12vr@gmail.com](mailto:stojanovic.stefan12vr@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof.dr Vladan Tubić, dipl. inž. saobr. Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, E-mail: [vladan@sf.bg.ac.rs](mailto:vladan@sf.bg.ac.rs)

## 1. Uvod

Loši vremenski uslovi nepovoljno utiču na parametre saobraćajnog toka, a posebno treba istaći uticaj padavina (kiše i snega), magle i udare vetra. Od prethodno navedenog, padavine najnepovoljnije utiču na parametre saobraćajnog toka, time što smanjuju vidljivost, prijanjanje između podloge i pneumatika, ali i povećavaju otpor pri kretanju vozila. Rezultati pokazuju da kiša u zavisnosti od intenziteta padavina smanjuje kapacitet dvotračnih puteva za 2–32%, prosečnu brzinu 3-14%, slobodnu brzinu 1-14% i brzinu pri kapacitetu od 3 – 17% u odnosu na vremenske uslove bez padavina [1]. Sa druge strane intenzivne snežne padavine smanjuju prosečnu brzinu na autoputevima za 10–20 km/h i kapacitet za oko 33% u odnosu na uslove bez padavina [2]. Rezultati studije [3] pokazuju da vozači redukuju brzinu za 10% i 3% pri gustoj i slabijoj magli respektivno. Sa druge strane loši vremenski uslovi značajno smanjuju nivo bezbednosti saobraćaja, time što podstiču veće naprezanje vozača pri vožnji, što posledično dovodi do bržeg zamaranja vozača i pada psiho-fizičkih sposobnosti.

Prva istraživanja o uticaju loših vremenskih uslova na parametre saobraćajnog toka sprovedena su sredinom 20 veka, dok sa druge strane ova tema nije dovoljno istražena u našim uslovima. S tim u vezi u ovom radu je izvršen detaljan pregled literature o uticaju različitih vremenskih uslova na osnovne parametre saobraćajnog toka. Nakon toga je analiziran uticaj intenzivnih snežnih padavina na prosečne brzine u saobraćajnom toku na dvotračnim vangradskim deonicama.

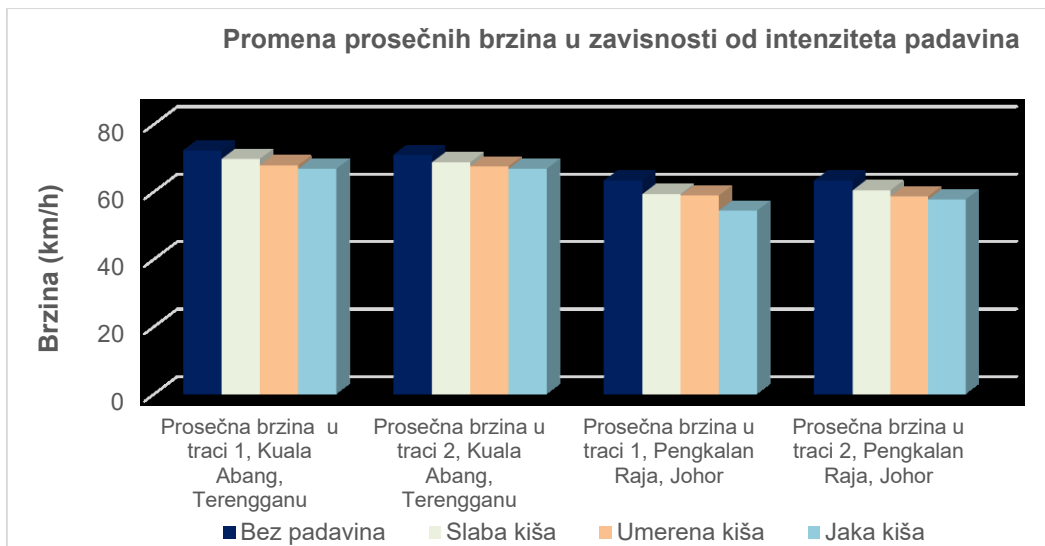
## 2. Uticaj padavina na parametre saobraćajnog toka

### 2.1 Uticaj kišnih padavina na brzine u saobraćajnom toku (Malezija)

U studiji sprovedenoj u Maleziji [1] analiziran je uticaj kiše na parametre saobraćajnog toka. U studiji su odabrani dvotračni federalni putevi koji se nalaze na udaljenosti manjoj od 2 km od meteoroloških stanica, kako bi se analizirala promena osnovnih parametara saobraćajnog toka u zavisnosti od intenziteta padavina. Istraživanje je sprovedeno u 3-mesečnom periodu, a podaci o saobraćaju su prikupljeni sa automatskih brojača saobraćaja. Intenzitet padavina je bio klasifikovan u tri kategorije:

- Slaba kiša (intenzitet padavina manji od 2.5 mm/h),
- Umerena kiša (intenzitet padavina od 2.5 - 10 mm/h),
- Jaka kiša (intenzitet padavina od 10 – 50 mm/h).

Intenzitet padavina je izražen u mm/h/m<sup>2</sup>. Dobijeni rezultati su prikazani na sledećim slikama.



Slika 1. Promena prosečnih brzina u zavisnosti od intenziteta kišnih padavina (Malezija) [1]

Na osnovu slike 1. jasno se uočava da sa porastom intenziteta padavina dolazi do blagog smanjenja prosečne brzine u toku, u konkretnom slučaju došlo je do smanjenja prosečne brzine u rasponu od 6-14%.

## 2.2 Uticaj kišnih padavina na kapacitet i brzine (Tokio)

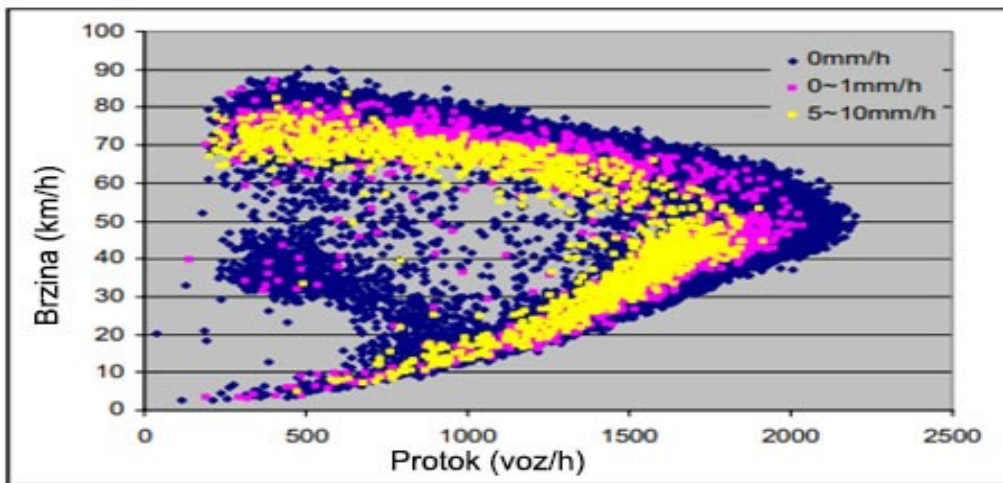
Studija sprovedena u Tokiu (Japan) imala je za cilj da analizira uticaj kiše na kapacitet i brzine na autoputskim deonicama [4]. Kao predmet istraživanja izabrana je metropolska mreža autoputeva u Tokiu koja dnevno opslužuje 1.14 miliona vozila čija je ukupna dužina 283 km.

Podaci o saobraćaju su prikupljeni sa detektora za svaki minut i objedinjavani u 5-minutnim intervalima u periodu od 2 godine. Intenzitet padavina je klasifikovan na sledeći način:

- 1 mm/h,
- 2 mm/h,
- 3 mm/h,
- 4 mm/h,
- 5-10 mm/h,
- 10-20 mm/h,
- > 20 mm/h.

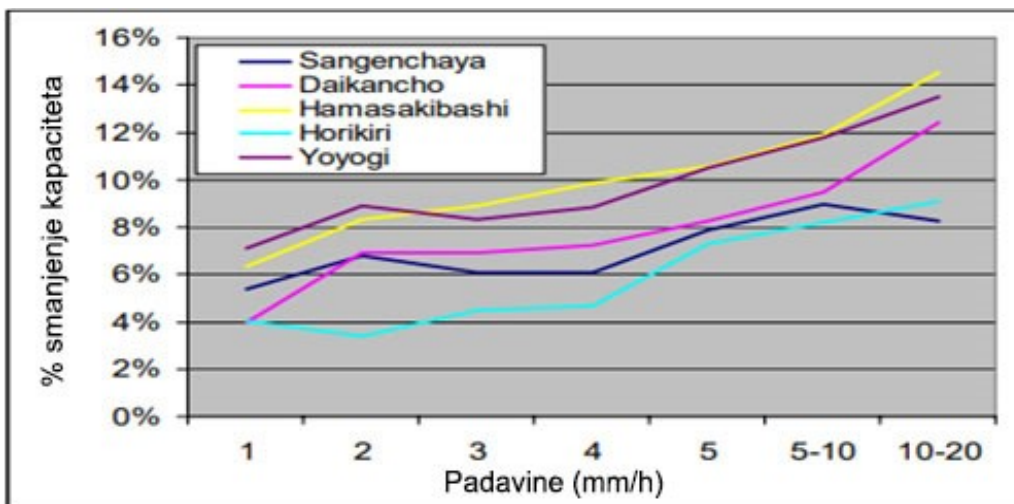
Rezultati studije su prikazani na sledećim slikama.





**Slika 2.** Brzine u saobraćajnom toku zabeležene na Hamasakibashi raskrsnici pri različitim intenzitetima padavina [4]

Na slici 2. prikazane su brzine u saobraćajnom toku izmerene na Hamasakibashi raskrsnici pri različitim intenzitetima padavina u 2-godišnjem periodu. Sa slike 2. se jasno vidi da se sa povećanjem intenziteta padavina brzine smanjuju pri različitim saobraćajnim protocima.



**Slika 3.** Smanjenje kapaciteta u zavisnosti od intenziteta padavina [4]

Sa slike 3. jasno se uočava da pri slaboj kiši od 1mm/h dolazi do smanjenja kapaciteta od 4-7%, dok pri jakoj kiši smanjenje kapaciteta je i do 14%. Na svim deonicama postoji sličan trend, odnosno kapacitet se smanjuje kako intenzitet padavina raste.

### 2.3 Uticaj kišnih padavina na saobraćajni tok i ponašanje vozača u toku (Holandija)

Cilj ove studije je bio da se istraži uticaj kiše na saobraćajni tok i ponašanje vozača u toku, a sprovedena je u periodu od novembra 1991 do marta 1994 godine [5]. Istraživanja su sprovedena na autoputu A16 sa odvojenim kolovozima sa po 2 saobraćajne trake, na kom je ograničenje brzine 100 km/h.

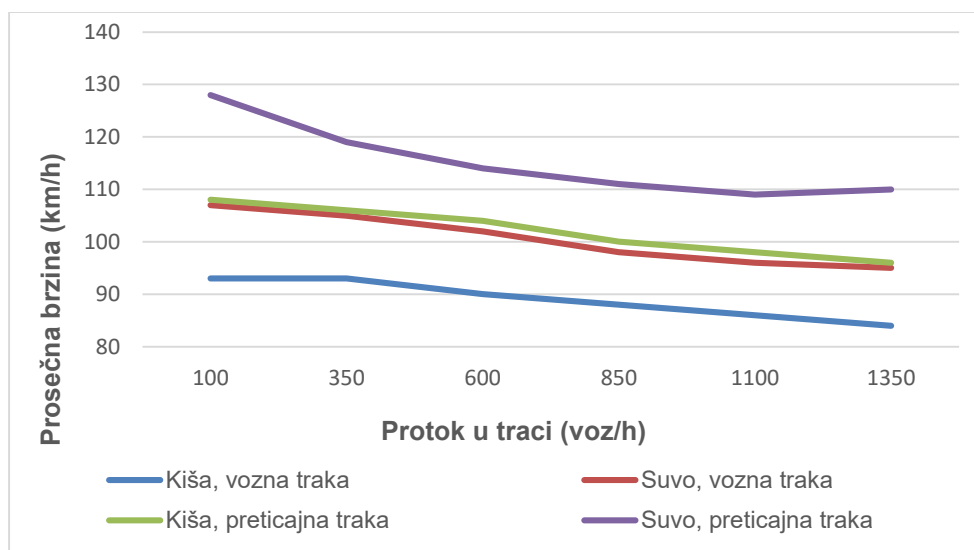
Podaci o saobraćaju su prikupljeni kontinualno sa induktivnih petlji koje su bile locirane na 5 lokacija na autoputu A16 i na još 2 lokacije na autoputu A59.

Meteorološki podaci su prikupljeni na časovnom nivou sa najbliže meteorološke stanice (Gilze-Rijen). Gde su bili dostupni podaci o temperaturi, vlažnosti vazduha, brzini i pravcu vetra, padavinama (vrsti i količini). U studiji je korišćena sledeća klasifikacija padavina.

**Tabela 1. Klasifikacija padavina prema intenzitetu [5]**

Količina kišnih padavina Q (mm/h)	Klasifikacija padavina
$0.1 \leq Q \leq 1$	slaba kiša
$1 < Q \leq 5$	umerena kiša
$Q > 5$	jaka kiša

Rezultati studije su prikazani na sledećem grafiku.

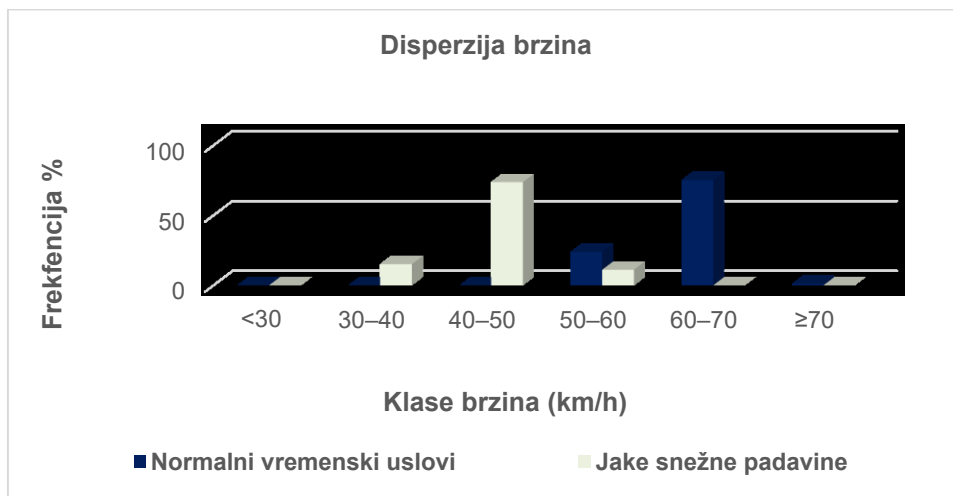


**Slika 4. Prosečna brzina u funkciji protoka, vremenskih uslova i tipa saobraćajne trake [5]**

Na osnovu analize dobijenih rezultata, prosečna brzina u kišnim uslovima je 11 km/h manja u odnosu na uslove bez padavina. Uz ovo, smanjenje prosečne brzine prouzrokovano kišom je bilo veće pri manjim protocima i u preticajnim trakama.

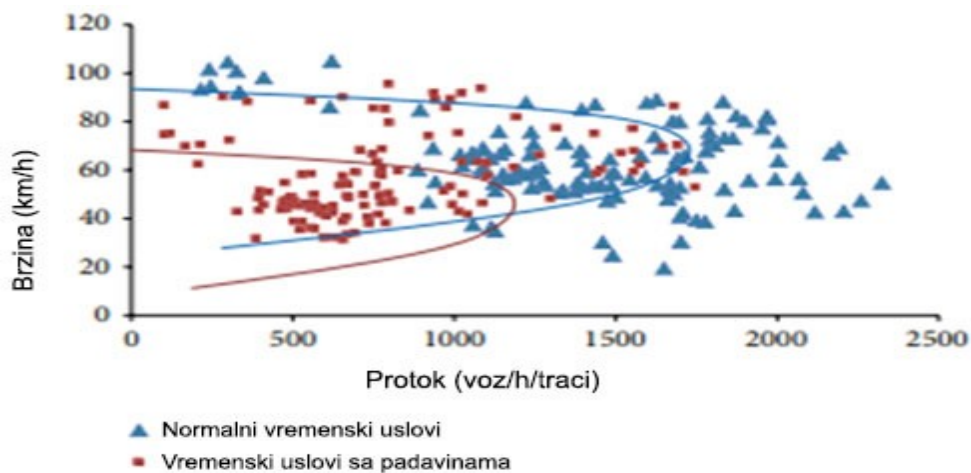
#### 2.4 Uticaj snežnih padavina na parametre saobraćajnog toka na autoputskim deonicama (Peking)

Cilj ovog istraživanja je bio da se kvantifikuje uticaj loših vremenskih uslova (snežnih padavina) na protok i brzine u saobraćajnom toku [2]. Dobijeni rezultati su prikazani na sledećim grafikonima.



**Slika 5.** Distribucija brzina na poprečnom preseku na autoputskim deonicama pri različitim vremenskim uslovima i istoj veličini saobraćaja [2]

Rezultati jasno pokazuju da se brzina značajno smanjila u uslovima snežnih padavina, odnosno došlo je do povećanja procentualnog učešća vozača koji voze manjim brzinama (slika 5).



**Slika 6.** Dijagram protok-brzina pri različitim vremenskim uslovima (regresione linije su samo skicirane radi bolje ilustracije) [2]

Sa slike 6. se može jasno videti da je maksimalni časovni protok u normalnim uslovima daleko veći od protoka u uslovima intenzivnih snežnih padavina, a prosečna brzina slobodnog toka u normalnim vremenskim uslovima je oko 20 km/h veća od prosečne brzine u lošim vremenskim uslovima. Kao što se može videti kapacitet jedne trake na autoputu je oko 1800 voz/h u normalnim vremenskim uslovima, dok snežne padavine prouzrokuju smanjenje kapaciteta na oko 1200 voz/h što predstavlja pad za oko 33%.

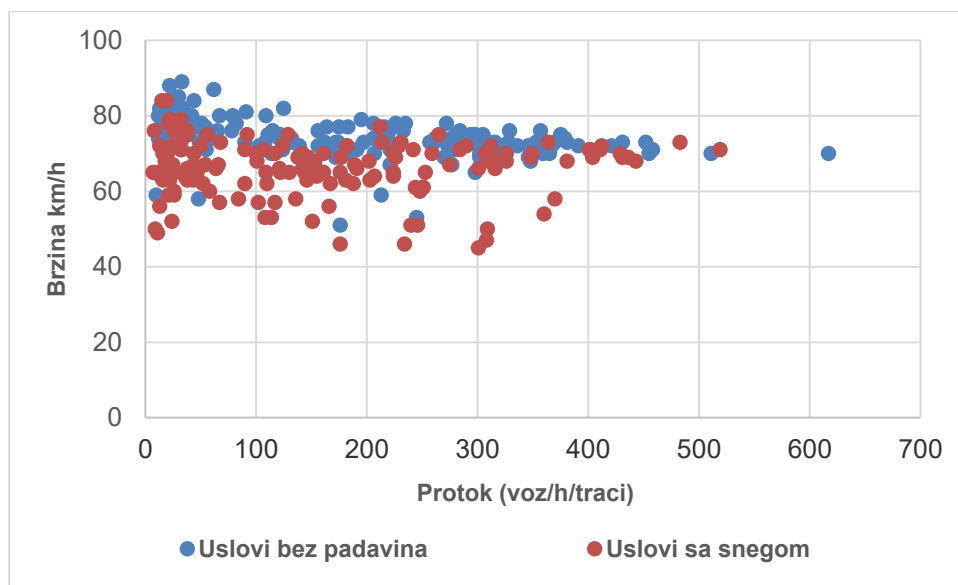
### 3. Analiza uticaja snežnih padavina na promenu brzina u saobraćajnom toku na dvotračnim putevima u Srbiji

U ovom poglavlju je izvršena detaljna analiza uticaja snežnih padavina na brzine u saobraćajnom toku u lokalnim uslovima. Za potrebe ovog istraživanja su planski odabrane dve saobraćajne deonice u profilima dvotračnih puteva koje svojim tehničko eksploatacionim karakteristikama pogoduju za realizaciju ovakvog istraživanja. Primenjena metodologija se zasniva na preuzimanju podataka sa automatskih brojača saobraćaja (u nastavku ABS) u periodu intenzivnih snežnih padavina 7.1.2019. - 13.1.2019. (izvor [6]) i vršenju uporedne analize sa periodom bez padavina 25.2.2019. - 3.3.2019. (izvor [6]). Prva saobraćajna deonica je Bela Zemlja – Sušica sa ABS (1191) koja se nalazi na lokaciji Ineks (Sušicki most), a druga saobraćajna deonica je Čestobrodica - Požega sa ABS (1201) na lokaciji Glumač.

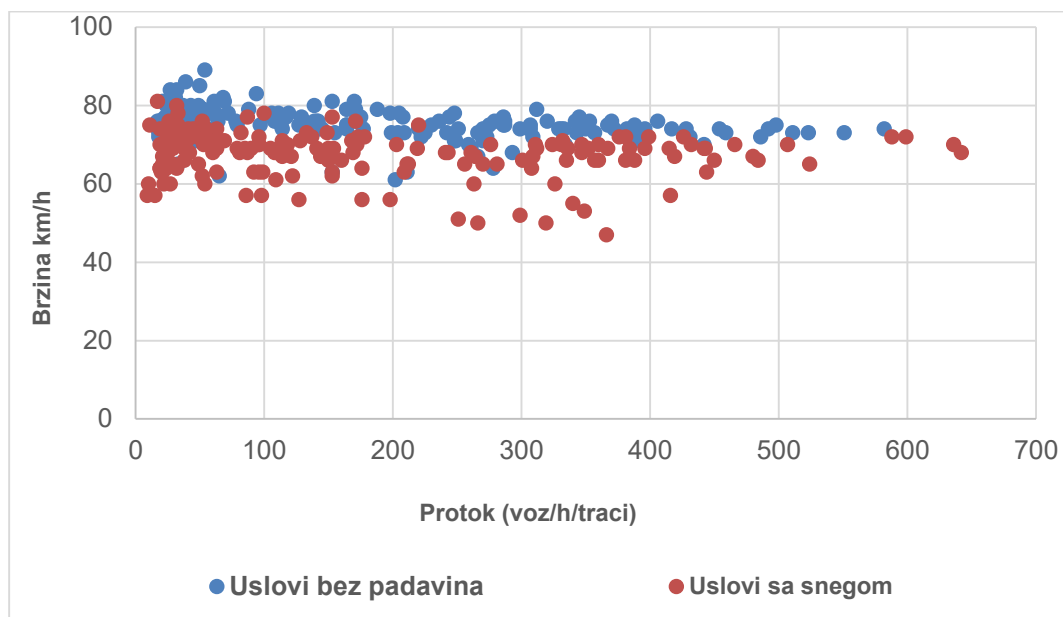
#### 3.1 Analiza uticaja snežnih padavina na promenu brzina u saobraćajnom toku na DP IB-23 (M-21) deonica Bela Zemlja – Sušica

Na posmatranoj deonici u periodu intenzivnih snežnih padavina temperatura je varirala u rasponu od 0 do -19 C°, a uzorak je činilo 59.567 vozila, dok je u periodu suvih vremenskih uslova uzorak činilo 65.157 vozila što predstavlja statistički značajnu veličinu uzorka za ovu uporednu analizu.

Na sledećim grafikonima su prikazani rezultati analize na deonici Bela Zemlja – Sušica.

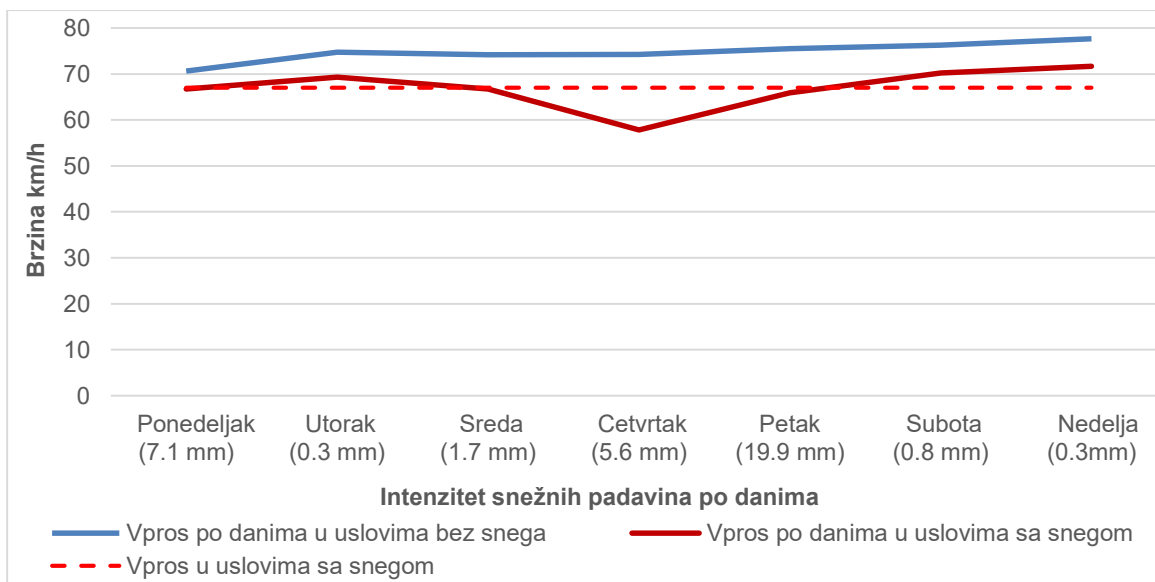


Slika 7. Dijagram protok - brzina u uslovima sa i bez snežnih padavina u smeru Užice - Zlatibor



**Slika 8.** Dijagram protok - brzina u uslovima sa i bez snežnih padavina u smeru Zlatibor - Užice

Na slikama 7 i 8 su prikazane brzine u funkciji protoka i vremenskih uslova. U oba smera su dobijeni slični rezultati, gde je brzina u uslovima snežnih padavina značajno opala u poređenju sa uslovima bez padavina. S obzirom da je protok na deonici daleko ispod kapaciteta iste, nije se moglo uočiti šta se dešava sa brzinama kada protok teži kapacitetu. U periodu snežnih padavina brzina je opala za 8 km/h (11%) što predstavlja značajno smanjenje kada je reč o dvotračnim putevima.



**Slika 9.** Grafička interpretacija smanjenja prosečnih brzina po danima u zavisnosti od intenziteta snežnih padavina

Na osnovu uporedne analize prosečnih brzina po danima u različitim vremenskim uslovima, slika 9. zaključak je da intenzitet snežnih padavina značajno utiče na smanjenje brzina u saobraćajnom toku. Najveći “pad” prosečne

brzine je zabeležen u danima četvrtak i petak (22% i 13% respektivno) kada je intenzitet snežnih padavina bio značajno veći u poređenju sa ostalim danima.



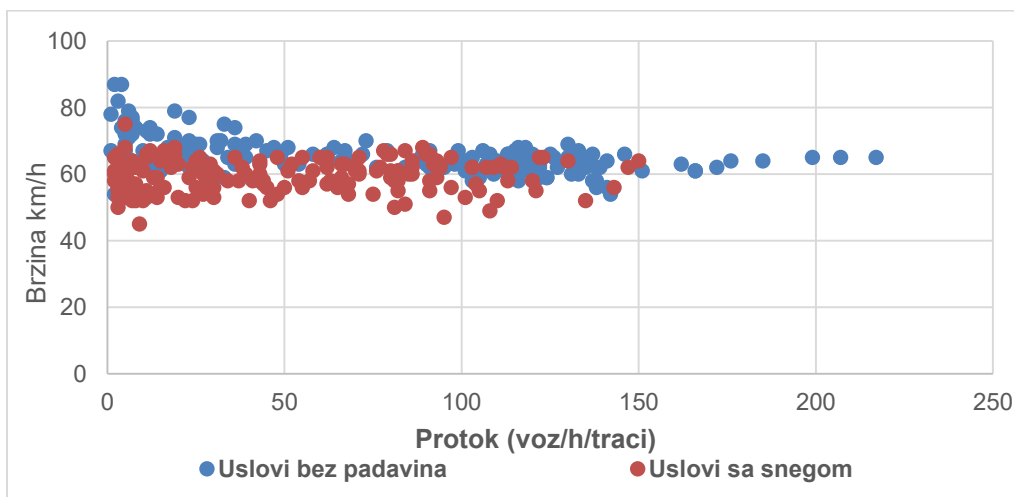
Slika 10. Disperzija brzina u periodima sa i bez snežnih padavina

Na slici 10. je prikazana disperzija brzina u normalnim i snežnim vremenskim uslovima. Na osnovu uporedne analize, zaključak je da se u uslovima snežnih padavina značajno smanjio procenat vozača koji voze brzinama u klasama od 70-80 i 80-90 km/h (smanjenje za 7% i 8% respektivno), dok se sa druge strane povećao procenat vozača koji voze brzinama u klasama od 50-60 i 60-70 km/h (povećanje za 10% i 5% respektivno). Pored toga u saobraćajnom toku je došlo do “blagog” smanjenja disperzije brzina u periodu padavina u poređenju sa periodom bez padavina.

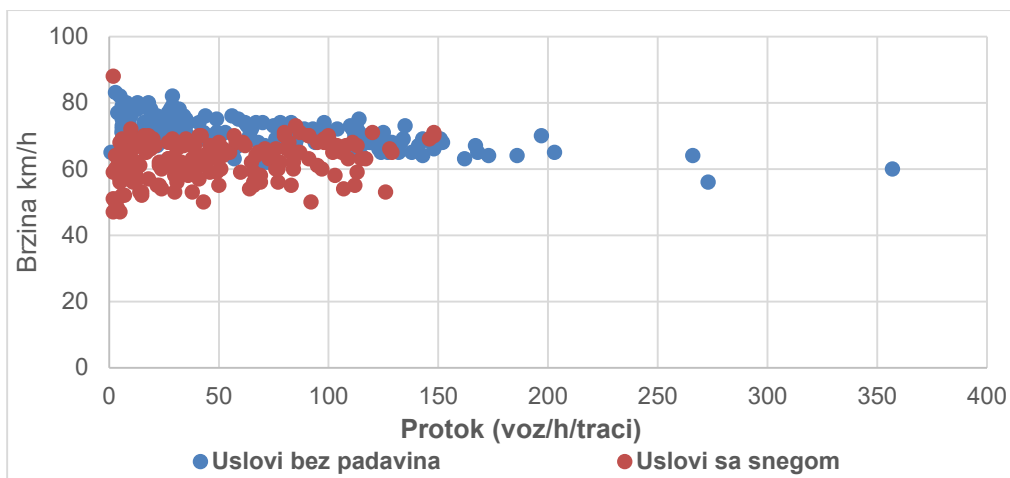
### 3.2 Analiza uticaja snežnih padavina na promenu brzina u saobraćajnom toku na DP IB-21 (M-21) na deonici Čestobrodica – Požega

Kao i na prethodnoj deonici u periodu intenzivnih snežnih padavina temperatura je varirala u rasponu od 1 do -20 C° a uzorak je činilo 17. 131 vozila, dok je u periodu suvih vremenskih uslova uzorak činilo 24. 945 vozila što predstavlja statistički značajnu veličinu uzorka za ovu uporednu analizu.

Dobijeni rezultati su prikazani na sledećim grafikonima.

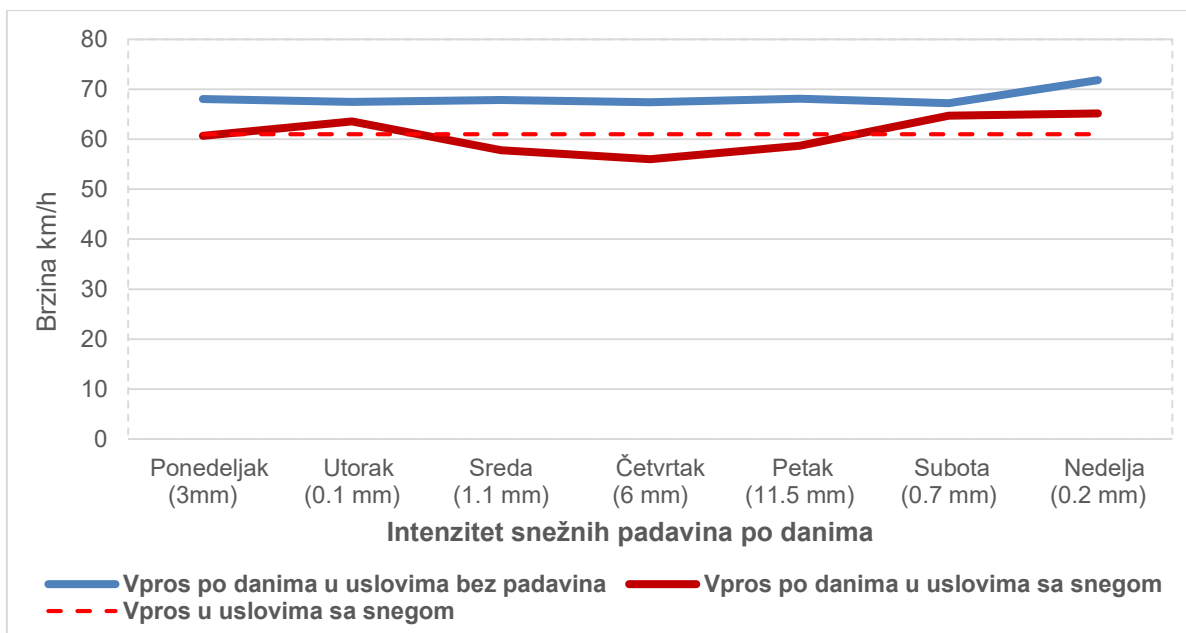


**Slika 11.** Zavisnost protok - brzina u uslovima sa i bez snežnih padavina u smeru Kosjerić – Požega



**Slika 12.** Zavisnost protok - brzina u uslovima sa i bez snežnih padavina u smeru Požega - Kosjerić

Kao i na prethodnoj deonici brzina je značajno “opala” u periodu intenzivnih snežnih padavina, smanjenje je za oko 7 km/h (10%). Kako je protok na deonici daleko ispod kapaciteta nije se moglo uočiti šta se dešava sa brzinama kada je protok blizak kapacitetu.



**Slika 13.** Grafička interpretacija smanjenja prosečnih brzina u zavisnosti od intenziteta snežnih padavina

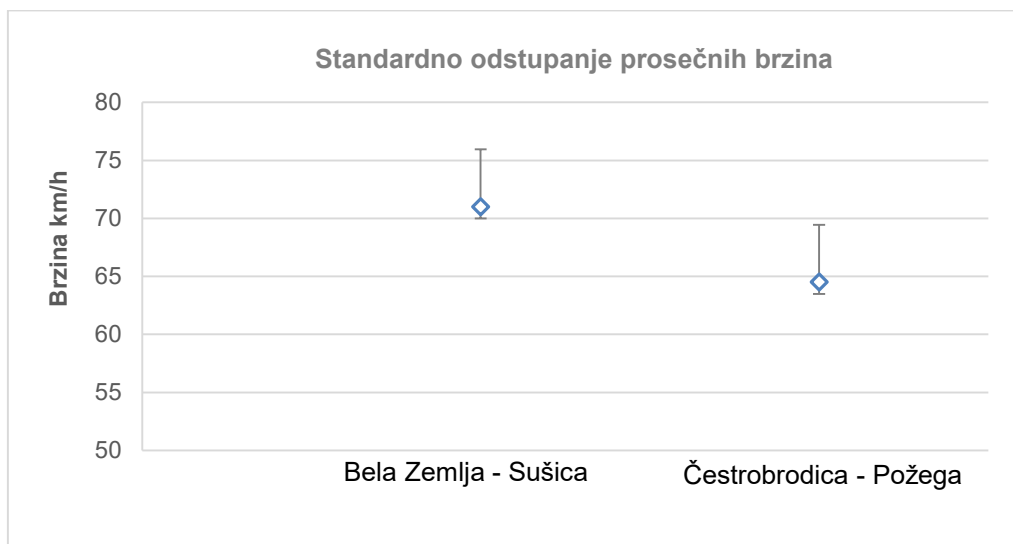
Kao i na prethodnoj deonici može se uočiti da je prosečna brzina po danima u uslovima snežnih padavina manja u poređenju sa prosečnim brzinama u uslovima bez padavina, a najveći „pad“ prosečne brzine je zabeležen u danima četvrtak i petak (smanjenje za 16% i 13% respektivno) kada je intenzitet snežnih padavina bio najveći (Slika 13).



Slika 14. Disperzija brzina u uslovima sa i bez snežnih padavina

Na osnovu analize distribucije brzina na posmatranoj deonici u periodu snežnih padavina zaključak je da nije došlo do značajnijih promena, odnosno disperzija brzine je veoma slična u oba analizirana vremenska perioda (Slika 14).

Na sledećem grafiku je prikazano standardno odstupanje brzina po deonicama u periodima sa i bez snežnih padavina.



Slika 15. Standardno odstupanje prosečnih brzina u periodu sa i bez snežnih padavina

Na slici 15. je prikazano standardno odstupanje prosečnih brzina u periodima sa i bez snežnih padavina, a dobijene vrednosti su veoma slične na analiziranim deonicama.



#### 4. Zaključak

Cilj ovog rada je bio da se izvrši preliminarna analiza uticaja snežnih padavina na brzine u saobraćajnom toku na dvotračnim vangradskim putevima. Za potrebe istraživanja odabrane su dve saobraćajne deonice u profilima dvotračnih puteva Bela Zemlja – Sušica i Čestrobrodica - Požega. Promene u prosečnim brzinama su analizirane na osnovu podataka sa automatskih brojača saobraćaja koji se nalaze na poprečnim presecima pomenutih deonica, a analiza je izvršena poređenjem prosečnih brzina u periodu intenzivnih snežnih padavina 7.1.2019. do 13.1.2019. godine sa prosečnim brzinama u normalnim vremenskim uslovima bez padavina u periodu 25.2.2019. - 3.3.2019. godine.

Na prvoj deonici Bela Zemlja – Sušica zabeleženo je smanjenje prosečne brzine u periodu intenzivnih snežnih padavina za 8 km/h (11%) a uzorak je činilo 59. 567 vozila dok je u periodu suvih vremenskih uslova uzorak činilo 65. 157 vozila. Najveći “pad” prosečne brzine je zabeležen u danima četvrtak i petak (22% i 13% respektivno) kada je intenzitet snežnih padavina bio značajno veći u poređenju sa ostalim danima. Pored toga u saobraćajnom toku je došlo do “blagog” smanjenja disperzije brzina u periodu intenzivnih snežnih padavina u poređenju sa periodom bez padavina.

Kada je reč o drugoj deonici Čestrobrodica – Požega prosečna brzina je redukovana za 7 km/h (10%) a uzorak je činilo 17. 131 vozila u periodu padavina, dok je u periodu suvih vremenskih uslova uzorak činilo 24. 945 vozila. Kao i na prethodnoj deonici najveći “pad” prosečne brzine je zabeležen u danima četvrtak i petak (16% i 13% respektivno) kada je intenzitet snežnih padavina bio značajno veći u poređenju sa ostalim danima. Što se tiče disperzije brzina nije došlo do značajnih promena.

U cilju formiranja potpunijih baza podataka koje bi omogućile bolje analize a samim tim i upravljanje saobraćajnim sistemom, potrebno je uspostaviti sistem nezavisnih meteoroloških stanica koje bi u zonama puteva detektovale padavine na površini kolovoza.

## Literatura

- [1] Nordiana Mashros, Johnnie Ben-Edigbe, Sitti Asmah Hassan, Norhidayah Abdul Hassan, Nor Zurairahetty Mohd Yunus. August 2014. Impact of Rainfall Condition on Traffic Flow and Speed: A Case Study in Johor and Terengganu.
- [2] Jiancheng Weng, Lili Liu, and Jian Rong. January 2013. Impacts of Snowy Weather Conditions on Expressway Traffic Flow Characteristics.
- [3] Md Nasim Khan, Ali Ghasemzadeh, Mohamed M. Ahmed. June 2018. Investigating the Impact of Fog on Freeway Speed Selection using the SHRP2 Naturalistic Driving Study Data.
- [4] Edward CHUNG, Osamu OHTANI, Hiroshi WARITA, Masao KUWAHARA, Hirohisa MORITA. DOES WEATHER AFFECT HIGHWAY CAPACITY?
- [5] J.H.Hogema, 30 December 1996. Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour.
- [6] JP "Putevi Srbije", Publikacija o brojanju saobraćaja, 2019 godina.
- [7] Operativni hidrometeorološki bilten 7.1.2019. – 13.1.2019. Republički hidrometeorološki zavod Srbija.

Stefan Stojanović, dipl.inž.saobraćaja

Prof. dr Vladan Tubić, dipl. inž. saobraćaja

## ŠUMSKI SNEGOZAŠTITNI POJASEVI ZA ZAŠTITU PUTEVA: STUDIJA SLUČAJA PREVOJ ČESTOBRODICA

**Mladen Marković<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Javno preduzeće "Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, 11050 Beograd, Srbija; e-mail: [mladenmarkovic88@gmail.com](mailto:mladenmarkovic88@gmail.com)

**Sara Lukić<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Odsek za Ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija; e-mail: [sara.lukic@sfb.bg.ac.rs](mailto:sara.lukic@sfb.bg.ac.rs)

**Aleksandar Baumgertel<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Odsek za Ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija; e-mail: [aleksandar.baumgertel@sfb.bg.ac.rs](mailto:aleksandar.baumgertel@sfb.bg.ac.rs)

**Marko Maslaković<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> Javno preduzeće "Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, 11050 Beograd, Srbija; e-mail: [markomaslakovic984@gmail.com](mailto:markomaslakovic984@gmail.com)

**Rezime:** Snežni smetovi izazvani udarima vetra smanjuju vidljivost na putu, čime je ugrožena bezbednost saobraćaja, povećava se vreme putovanja i troškovi održavanja puta. Na osnovu dosadašnjeg iskustva i istraživanja, dokazano je da su šumski snegozaštitni pojasevi ekonomična, ekološka i efikasna rešenja zaštite saobraćajnica od snežnih nanosa. Šumski snegozaštitni pojasevi svojim nadzemnim delom utiču na smanjenje brzine vetra, deluju kao mehanička prepreka za sneg i u njima se akumulira određena količina snega. U radu je prikazana primena i efikasnost šumskih snegozaštitnih pojaseva u kontroli snežnih nanosa na deonici puta Paraćin-Zaječar, lokalitet – prevoj Čestobrodica. Analiza uslova sredine koji predstavljaju glavni faktor ugroženosti snežnim nanosom i zavejavanjem, obuhvatila je određivanje pokazatelja mogućnosti zavejavanja: količine padavina u vidu snega (vodni ekvivalent snega -  $S_{we}$ ), količine transportovanog snega (Q) i sposobnosti šumskog snegozaštitnog pojasa da spreči zavejavanja: kapacitet zadržavanja snega snegozaštitnim šumskim pojansom ( $Q_c$ ). Kapacitet šumskog snegozaštitnog pojasa za zadržavanje snega je analiziran tokom desetogodišnjeg vremenskog perioda. Koristeći jednačinu za procenu dužine snežnog smeta sa zavetrinske strane šumskog snegozaštitnog pojasa, određena je promena dužine snežnog smeta tokom istraživanog vremenskog perioda i pocenjena je efikasnost pojasa u zaštiti puta od zavejavanja sa povećanjem starosti. Rezultati ovog rada predstavljaju doprinos mogućnosti primene šumskih snegozaštitnih pojaseva u rešavanju problematike zaštite saobraćajnica od snežnih nanosa i povećavanju bezbednosti saobraćaja u zimskom periodu.

**Ključne reči:** šumski snegozaštitni pojasevi, snežni nanosi, zaštita puta, bezbednost saobraćaja

## LIVING SNOW FENCES FOR PROTECTION OF ROADS: CASE STUDY CREST ČESTOBRODICA

**Abstract:** Snowdrifts caused by wind gusts reduce visibility on the road which endangers traffic safety, increases travel time and road maintenance costs. Based on previous experience and research it has been proven that living snow fence is an economical, ecological and efficient solution for protection of roads from snowdrifts. Living snow fences with their above-ground part, reduce the wind speed, act as a mechanical barrier for the snow and accumulate a certain amount of snow. This study presented use and efficiency of living snow fence in controlling snowdrifts on the road section Paraćin-Zaječar, locality – crest Čestobrodica. Analysis of environmental conditions, which are resented main endangering factor for snowdrifts, included the determination of indicators of possibility of snowdrifts: snowfall water equivalent ( $S_{we}$ ), snow transport (Q) and ability of living snow fence to prevent snowdrifts: snow storage capacity of the fance ( $Q_c$ ). Snow storage capacity for living snow fence is analyzed for ten year period. Using equation for estimation of length of snowdrifts on downwind side of fance, a change in length of snowdrifts during the analyzed period are determin, and the efficiency of living snow fence in protection of the road from snowdrifts with increasing age. The results of this study represent a contribution to using living snow fence in solving the problem of roads protection from snowdrifts and increasing traffic safety during winter conditions.

**Key words:** living snow fence, snowdrifts, roads protection, traffic safety

## 1. UVOD

Zimski uslovi na putu karakterišu se pojavama koje ugrožavaju bezbednost saobraćaja, kao što su: magla, poledica, snežni nanosi i dr. Snežni smetovi izazvani udarima vetra smanjuju vidljivost na putu, uzrokuju saobraćajne nezgode, povećava se vreme putovanja i troškovi održavanja puta. Velike količine snežnog nanosa u vidu snežnih smetova predstavljaju fizičke prepreke za kretanje motornih vozila i dovode do obustave saobraćaja. Pravovremena i dobra projektna rešenja mogu zaštititi ugrožene puteve od snežnih nanosa. Šumski snegozaštitni pojasevi su efikasna rešenja zaštite puteva od smetova [1;2] jer, između ostalog, smanjuju troškove održavanja puta u zimskim uslovima [3]. Šumski snegozaštitni pojasevi fizički presecaju pravac duvanja vetra, uzrokujući akumuliranje snega u pojasu i sa zavetrinske strane pojasa van saobraćajnice. Integriranje šumskih snegozaštitnih pojaseva kao bio-inženjerske mere sa tehnikama niskogradnje [4] predstavlja ekonomsku, ekološku i dugoročnu strategiju upravljanja oblastima ugoženim zavejavanjem [5]. Osim osnovne funkcije zaštite od smetova, zbog biološke komponente koju sadrže, povoljno utiču na životnu sredinu. Šumski pojasevi predstavljaju multifunkcionalne objekte, osim zaštite saobraćajnica, redukuju emisije CO<sub>2</sub> [6], smanjuju pojavu magle, popravljaju fizičko-mehaničke osobine zemljišta, smanjuju površinsko oticanje, pospešuju brže otapanje snega [7], unapređuju biodiverzitet. Dobro dimenzionisani, u skladu sa uslovima sredine, šumski snegozaštitni pojasevi mogu obezbediti višedecenijsku zaštitu od snežnih nanosa/smetova.

U radu su prikazane analize primene i efekata šumskih snegozaštitnih pojaseva (u daljem tekstu ŠSP) u uslovima na lokalitetu prevoj Čestobrodica. Istraživanje je sprovedeno sa ciljem pronalaženja adekvatnog rešenja zaštite puta od snežnih smetova. Prikazani rezultati predstavljaju doprinos pronalaženju adekvatnih rešenja u zaštiti puteva od snežnih nanosa i mogućnosti primene ŠSP kao multifunkcionalnih objekata za kontrolu zavejavanja na putevima u Republici Srbiji.

## 2. MATERIJAL I METOD RADA

### 2.1. Područje istraživanja

Saobraćajnica Paraćin-Zaječar je glavni put koji povezuje centralni i istočni deo Republike Srbije i značajan je tranzitni put ka Republici Bugarskoj. U toku zime, zbog nepovoljnih vremenskih uslova (snega, leda, vetra i dr.), prevoj Čestobrodica predstavlja jednu od crnih tačaka za bezbednost saobraćaja. Godinama unazad, na ovom delu puta su česte zabrane saobraćaja zbog velikih količina snežnih nanosa. Prevoj je poznat kao nesavladiva prepreka za sve vrste drumskih vozila, a naročito za teretni saobraćaj. U takvim vremenskim uslovima otežano je odvijanje saobraćaja, upravljanje vozilom i ugrožena je bezbednost učesnika u saobraćaju. Prevoj Čestobrodica se nalazi u istočnom delu Srbije, na deonici državnog puta I B reda broj 36 Paraćin-Zaječar (koordinate N: 43° 50' 40.95'', E: 21° 40' 38.07''). Na osnovu dostupnih podataka [8], dužina ugroženog dela puta zavejavanjem iznosi 600 m.



Slika 1. Istraživano područje – prevoj Čestobrodica  
izvor: (Google Earth)

## 2.2. Uslovi sredine

Izvršeno je rekognosciranje i dodatna snimanja terena zbog razumevanja problematike i uslova sredine. Prema pedološkoj karti [9], na području istraživanja je kiselo smeđe zemljište. Vegetacija područja istraživanja je determinisana na terenu i formiran je herbarijum drvenastih i zeljastih vrsta. Na celom području istraživanja, prirodna vegetacija je veoma oskudna, preovlađuje nisko rastinje i žbunaste vrste sa obe strane puta (slika 2). Crni bor je široko rasprostranjen, dobro se razvija na osami ili u sastojini. Na osnovu karte potencijalne vegetacije [10] i rezultata terenskih istraživanja, vegetacija područja istraživanja pripada asocijaciji *Quercetum frainetto-cerris* - tipična šuma sladuna i cera. Na terenu su zabeležene vetroizvale i deformacije na stablima, koji su indikatori vetrova velikih jačina na području istraživanja. Prosečna brzina vetra za područje istraživanja, određena iz baze podataka Wind Atlas Balkan (<https://balkan.wind-index.com>) za period 1979-2010. godine, iznosi  $5,33 \text{ m s}^{-1}$ . Vetar svojom energijom transportuje sneg i deluje na stvaranje i oblikovanje smetova. Podaci uslova sredine predstavljaju značajne informacije za projektovanje i izbor vrsta za ŠSP. Velike jačine vetra i oskudnost vegetacije na prevoju Čestobrodica su glavni faktori ugroženosti deonice Paraćin-Zaječar snežnim smetovima.

Analiza uslova sredine koji predstavljaju glavni faktor ugroženosti snežnim nanosom i zavejavanjem, obuhvatila je određivanje pokazatelja mogućnosti zavejavanja: količine padavina u vidu snega (vodni ekvivalent snega -  $S_{we}$ ), količine transportovanog snega ( $Q$ ) i sposobnosti ŠSP da spreči zavejavanja: kapacitet zadržavanja snega snegozaštitnim šumskim pojaskom ( $Q_c$ ).



**Slika 2.** Oskudna vegetacija na širem području prevoja Čestobrodica  
izvor: (autor)

Vodeni ekvivalent snega, tj. količina vode koja je sadržana u snežnom pokrivaču, izražava se formulom [11]:

$$S_{we} = (-695,4 + 0,076 \cdot Elev + 17,108 \cdot Lat) \cdot (0,0254) \cdot (0,10)$$

Gde je: Elev – nadmorska visina ugrožene deonice puta, Lat – geografska širina ugrožene deonice

Godišnja količina transportovanog snega, tj. transportni kapacitet za područje proučavanja dobijena je sledećom formulom [11]:

$$Q = (1500) \cdot (0,2) \cdot (S_{we}) \cdot (1 - 0,14^{F/3000})$$

Gde je: Q–godišnja količina transportovanog snega  $\text{t m}^{-1}$ , 0,2–koeficijent realokacije za Srbiju, F–prenosno rastojanje snega

Kapacitet zadržavanja snega ŠSP zavisi od koeficijenta neproduvnosti ( $P$ ) i visine pojasa ( $H$ ) [3]:

$$Q_c = (3 + 4P + 44P^2 - 60P^3) \cdot H^{2,2}$$

Oblik i dužina snežnog smeta zasniva se na aerodinamici suspendovanih čestica snega, koje dolaze u kontakt sa ŠSP. Koristeći jednačinu za procenu dužine snežnog smeta [3] sa zavetrinske strane snegozaštitnog šumskog pojasa, određena je promena dužine snežnog smeta tokom istraživnog vremenskog perioda.

Na osnovu analize promene dužine snežnog smeta, procenjena je efikasnost šumskog snegozaštitnog pojasa u zaštiti puta od zavejavanja sa povećanjem starosti.

$$L = \left\{ \frac{\left[ 10,5 + 6,6 \cdot \left( \frac{Q}{Q_c} \right) + 17,2 \cdot \left( \frac{Q}{Q_c} \right)^2 \right]}{34,3} \right\} \cdot (12 + 49P + 7P^2 + 37P^3) \cdot (H)$$

Gde je: L–dužina snežnog smeta, Q–godišnja količina transportovanog snega, Q<sub>c</sub>– kapacitet zadržavanja snega ŠSP, P–neproduvnost ŠSP, H–visina pojasa

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 3.1. Faktori ugroženosti snežnim nanosom i zavejavanjem

Količina snega koju prenosi vetar zavisi od vodenog ekvivalenta snega (S<sub>we</sub>) i prenosnog rastojanja snega (F). Vodeni ekvivalent u zimskom periodu za područje proučavanja iznosi 0,218 m. Prenosno rastojanje snega niz vetar, mereno od ivice postojeće šume do saobraćajnice je 196 m. Godišnja količina transportovanog snega za lokalitet Čestobrodica iznosi Q=7,88 t m<sup>-1</sup>. Prema tome, na ugroženoj deonici puta (prevoju Čestobrodica) potrebno je podići snegozaštitni šumski pojas koji treba da dostigne kapacitet zadržavanja snega veći ili jednak transportnom kapacitetu na proučavanom lokalitetu.

#### 3.2. Projektovani ŠSP

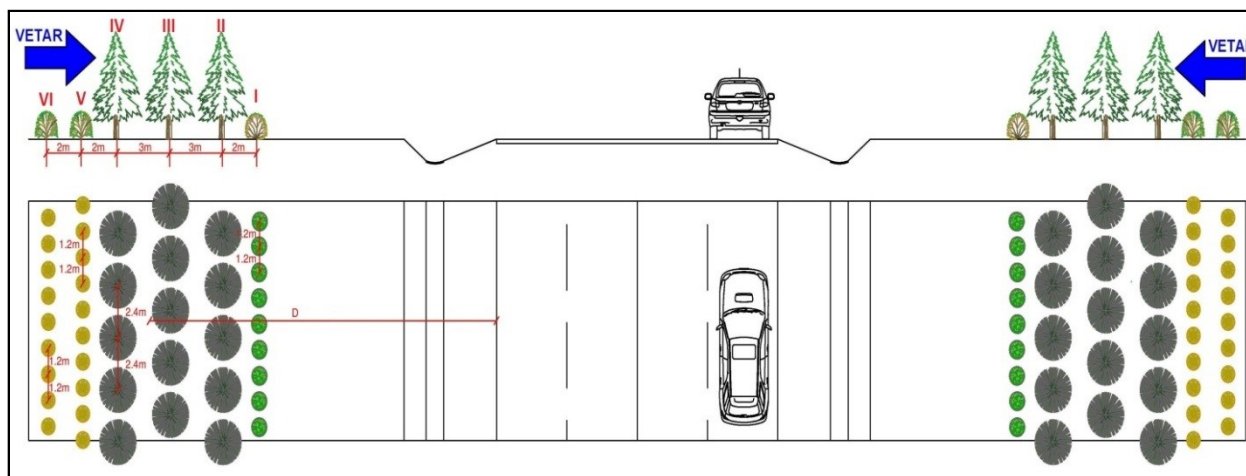
Dimenzije ŠSP su određene elementima pojasa koji utiču na njegov kapacitet zadržavanja snega (Q<sub>c</sub>) i dužinu snežnog smeta (L). Funkcija mehaničke prepeke za sneg i vetar, predstavlja primarnu funkciju projektovanog ŠSP na proučavanom lokalitetu. Na proučavanom lokalitetu predviđeno je podizanje dva identična šumska snegozaštitna pojasa sastavljenog od 6 redova drveća i žbunja (slika 3). Predložene vrste drveća i žbunja, izabrane na osnovu bioloških karakteristika i ekoloških uslova na terenu, prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Predložene vrste drveća i žbunja za šumski snegozaštitni pojas

Vrsta	Tip vegetacije	Red u ŠSP
Rosa canina	Žbunasta	I
Pinus nigra	Visoko drveće	II, III, IV
Lonicera tatarica	Žbunasta	V, VI

izvor: (autor)

*Rosa canina* i *Lonicera tatarica* pokazale su izuzetan uspeh u ŠSP [12], osim zaštite imaju i dekorativnu vrednost. Crni bor je izrazito prisutan na celom lokalitetu i adaptiran na uslove sredine na proučavanom području, podnosi ekstremne uslove suše, sneg i jake vetrove. Projektovani ŠSP je širine 14 m, dužine 635 m, sastavljen od tri reda žbunastih vrsta i tri reda visokog drveća. Visina pojasa je uslovljena razvojem i visinom izabranih vrsta. Pravilno je snegozaštitne pojaseve postavljati što upravnije na pravac duvanja dominantnog vetra [13], ali zbog nedostatka podataka pravca duvanja vetra za prevoj Čestobrodica, kao efikasno rešenje projektovana su dva identična ŠSP. Pojasevi se nalaze sa leve i desne strane deonice, postavljeni paralelno u odnosu na osovину puta. Zbog mogućnosti pojave „efekta zaobljenih krajeva“ snežnih smetova na krajevima pojasa [14], snegozaštitni pojasevi su produženi u odnosu na dužinu ugrožene deonice. Nakon podizanja ŠSP, veoma je bitno spovesti mere održavanja i negovanja biljaka [15]. Redovnim održavanjem ŠSP-a znatno brže se postižu projektovani parametri zaštite. Razvojni plan u cilju uspešne integracije elemenata ŠSP je podjednako važan kao i sama implementacija.



Slika 3. Poprečni presek i osnova predloženih snegozaštitnih pojaseva na prevoju Čestobrodica  
izvor: (autor)

### 3.3. Efikasnost ŠSP pri kontroli snežnih nanosa

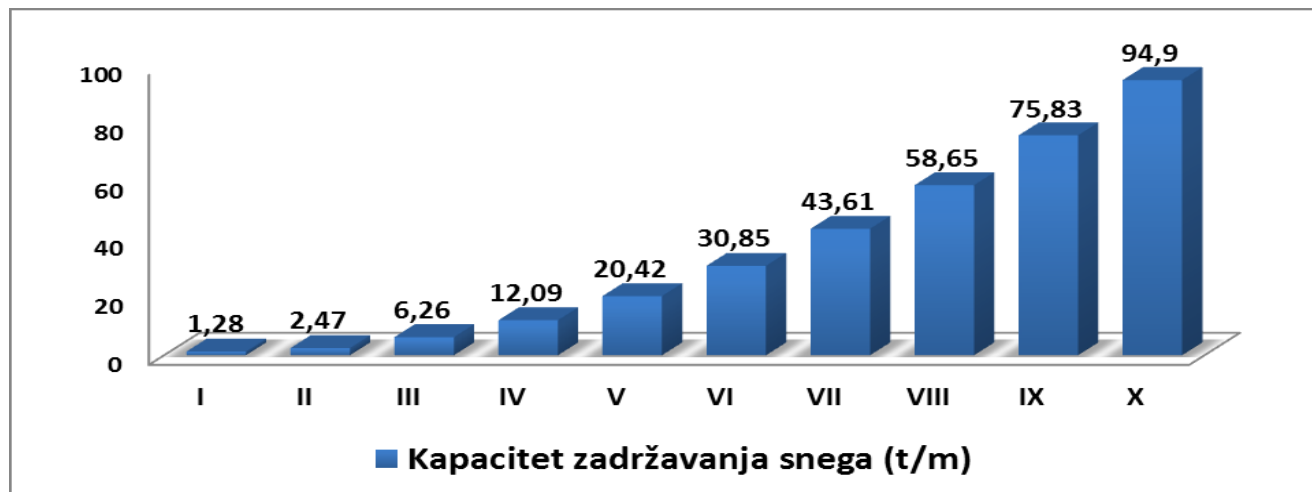
#### 3.3.1. Kapacitet ŠSP za zadržavanje snega

Šumski snegozaštitni pojasevi su sastavljeni od živih komponenata razvijenih u vremenu i prostoru. Sa razvojem ŠSP povećavaju se visina i neproduvnost, koje su u direktnoj korelaciji sa kapacitetom zadržavanja snega. Prikazana analiza kapaciteta zadržavanja snega ŠSP za područje proučavanja za vremenski period od deset godina, urađena je usvajanjem sledećih postavki:

- Pod pretpostavkom da će se za podizanje pojaseva koristiti mlađe sadnice koje su pokazale bolji uspeh i ekonomski su isplativije [3], usvaja se da:
  - (a) U prvoj godini početna visina pojasa je 30 cm.
  - (b) U prve dve godine visina pojasa se povećava za 15 cm, svake naredne godine visina pojasa se povećava za 30 cm.
- Gustim rasporedom sadnje između redova i unutar njih, pojas veoma brzo postiže koficijent neproduvnosti od 0,4 do 0,6. U prvoj godini koficijent neproduvnosti ŠSP je 0,4.
- Koficijent neproduvnosti se povećava za 0,01 sa porastom visine pojasa na svakih 15 cm.

Predviđa se u prvim godinama ŠSP-a, glavnu ulogu u zaštiti saobraćajnice imaju žbunaste vrste koje se brzo razvijaju, prave gust sklop i postižu veći koficijent neproduvnosti. Faktor neproduvnosti se povećava sa razvojem vegetacije i rasporedom sadnje u ŠSP. Gusti redovi sa koficijentom neproduvnosti  $> 0,5$  akumuliraju sneg blizu pojasa na strani uz vetar [16]. U narednim godinama ulogu zaštite preuzimaju drvenaste vrste, koje povećavaju akumulaciju snega u pojasu i ublažavaju bočne udare vetra. Brzina vetra se smanjuje za 78% na udaljenosti od 5 puta visine pojasa [17]. Projektovani ŠSP u prvoj godini ima kapacitet zadržavanja snega od 0,55 do 1,28 t m<sup>-1</sup>, u drugoj i trećoj godini kapacitet zadržavanja snega je od 1,36 do 6,26 t m<sup>-1</sup> (slika 4). U četvrtoj godini, pojas ispunjava uslov  $Q_c=Q$ , sa visinom od 0,99 m i koficijentom neproduvnosti 0,44. U slučaju ekstremne količine padavina u vidu snega jednom u hiljadu zima, kada je godišnja količina transportovanog snega dva puta veća ( $2Q$ ) [18], u petoj godini projektovani ŠSP postiže potpun efekat zaštite ( $Q_c>2Q$ ). Analiza kapaciteta zadržavanja snega ŠSP-a je pokazala da se u prvih nekoliko godina nakon podizanja pojasa ne može očekivati potpun efekat zaštite. Svake naredne godine, sa razvojem ŠSP-a, može se očekivati veći kapacitet zadržavanja u odnosu na količinu transporta snega ( $Q_c>Q$ ).

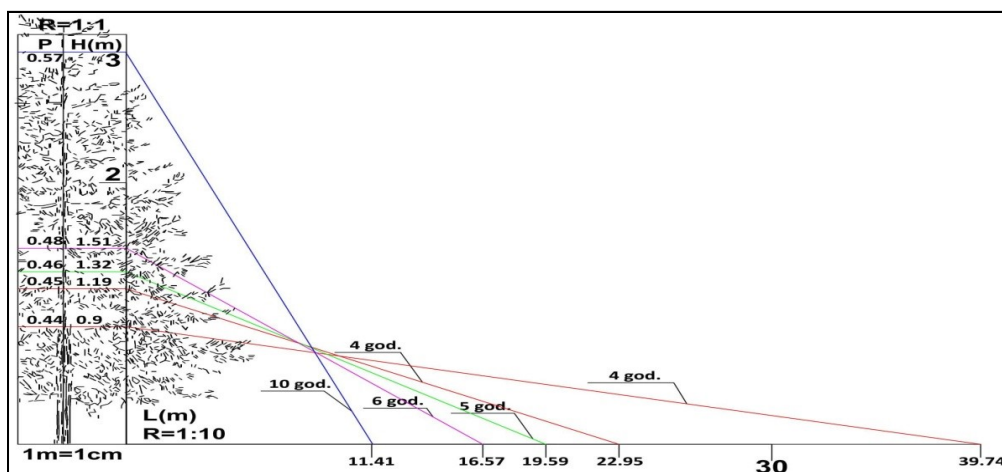




Slika 4. Promena kapaciteta zadržavanja snega tokom vremena sa porastom šumskog snegozaštitnog pojasa  
izvor: (autor)

### 3.3.2. Dužina snežnog smeta

Dužina snežnog smeta zavisi od odnosa količine transportovanog snega i kapaciteta ŠSP za zadržavanje snega. Efikasnost delovanja ŠSP predstavlja se promenama dužina snežnog nanosa sa zavetrinske strane pojasa. Pojas treba postaviti što bliže zoni zaštite, ali dovoljno daleko da nanosi snega ne ugrožavaju zonu zaštite. ŠSP postavljen suviše blizu zone zaštite, može da pospeši akumulaciju snega [19] i ostvari suprotan efekat od planiranog. Dužinu snežnog smeta ( $L$ ) i udaljenost ( $D$ ) od zone zaštite (puta) moramo pažljivo analizirati pre podizanja ŠSP-a. Analizom dužine snežnog smeta, prikazane su promene dužine smeta u zavetrinskoj strani projektovanog ŠSP-a, od četvrte godine do desete godine (slika 5). U četvrtoj godini pojas ispunjava uslov zaštite ( $Q_c=Q$ ), dužina smeta se kreće od 39,74 m do 22,95 m. Visinom 1,32 m i koeficijentom neproduvnosti 0,46 ( $P$ ) ŠSP-a, u petoj godini ŠSP postiže potpun efekat zaštite ( $Q_c>2Q$ ), dužina smeta je 19,59 m. U vremenskom periodu od šeste do desete godine ŠSP-a, dužina snežnog nanosa je u rasponu od 16,57 m do 11,41 m. Poznavanjem dužine snežnog smeta, u svakom vremenskom periodu može se odrediti udaljenost pojasa od zone zaštite. Udaljenost projektovanog ŠSP od ivice puta do sredine pojasa iznosi  $D=19,59\text{ m} \approx 19,6\text{ m}$ . Najveće promene dužine snežnog smeta u zavetrinskoj strani pojasa su u prvih šest godina. Od šeste do desete godine veća količina snežnog nanosa se akumulira na strani ŠSP-a uz vetar. Veći kapacitet zadržavanja u odnosu na količinu transporta snega ( $Q_c>Q$ ) skraćuje dužina snežnog smeta u zavetrinskoj strani pojasa, dok se akumulacija snega povećava na strani uz vetar.



Slika 5. Promena dužine snežnog smeta niz vetar sa promenom visine i neproduvnosti pojasa  
izvor: (autor)

Primena ŠSP-a, kao ekološkog rešenja zaštite od snežnog nanosa na području istraživanja, povoljna je sa aspekta unapređenja stanja životne sredine i prirodnog izgleda predela, nasuprot upotrebi snegobrana od veštačkih materijala koji imaju samo jednu funkciju. Dugovečnost ŠSP u odnosu na veštačke materijale je 2-3 puta veća [20]. Koliko je prirodni ambijent prevoja Čestobrodica bitan, govori i to da je upravljач puta predvideo ovo mesto za odmor i izletnike. Izbor ŠSP ne treba da bude alternativno rešenje na prevoju Čestobrodica, već jedino rešenje eliminisanja/ublažavanja uticaja snežnih nanosa na saobraćajnicu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Velike jačine vetra i oskudnost vegetacije na prevoju Čestobrodica glavni su faktori ugroženosti deonice Paraćin-Zaječar snežnim smetovima.

Na proučavanom lokalitetu predviđeno je podizanje dva identična šumska snegozaštitna pojasa sastavljenih od 6 redova drveća i žbunja. Desetogodišnja analiza šumskog snegozaštitnog pojasa, za konkretne uslove na proučavanom lokalitetu, pokazuje da sa povećanjem visine i neproduvosti pojasa, povećava se kapacitet zadržavanja snega i smanjuje se dužina snežnog smeta. U svakoj narednoj analiziranoj godini, sa razvojem šumskog snegozaštitnog pojasa povećava se efikasnost zaštite. Dužina snežnog smeta sa zavetrinske strane u četvrtoj godini se kreće od 39,74 m do 22,95 m, dok u desetoj godini dužina smeta se kreće od 16,57 m do 11,41 m. Projektovani šumski snegozaštitni pojas postiže potpun efekat zaštite deonice puta u petoj godini, sa visinom 1,32 m, neproduvnosti 0,46 i dužinom smeta od 19,59 m sa zavetrinske strane pojasa.

Može se zaključiti da će projektovani šumski snegozaštitni pojas svojim multifuncionalnim efektima pružiti višedecenijsku i efikasnu kontrolu snežnih smetova na proučavanom lokalitet – prevoj Čestobrodica.

#### LITERATURA

- [1] Goodwin, L.C. 2003. *Best practices for road weather management*. Mitretek Systems Inc, Falls Church.
- [2] Lashmet, M. 2013. *Snow and ice control in New York State*. Presentation from Lake George Park Commission Forum, April, 2013. New York State Department of Transportation, Office of Transportation Maintenance, Albany.
- [3] Tabler, R.D. 2003. *Controlling blowing and drifting snow with snow fences and road design*. National Cooperative Highway Research Program Project 20-7(147). Tabler and Associates, Niwot, CO.
- [4] Stokes, A; Mickovski, S.B.; Thomas, B.R. 2004. *Eco-engineering for the long-term protection of unstable slopes in Europe: developing management strategies for use in legislation*. IX International Society of Landslides conference, 2004, Rio de Janeiro, Brazil.
- [5] Coppin, N.J.; Richards. I.J. 1990. *Use of Vegetation in Civil Engineering*. CIRIA, Butterworths, London.
- [6] Wyatt, G.; Zamora, Z.; Smith, D.; Schroder, S.; Paudel, D.; Knight, J.; Kilberg, D.; Taff, S. 2012. *Research and Assess the Farmer and MnDOT Economic and Environmental Costs and Benefits of Living Snow Fences, Including Carbon Impacts*. University of Minnesota; Minnesota Department of Transportation.
- [7] Velizar, V.; Miroљub, Đ.; 1998. *Uticaj šumskih ekosistema na životnu sredinu*. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
- [8] Đurđević, V.; Filipović, D.; Milosavljević, G.A.; Sekulović, J.; Vulović, A.; Šenica, G.; Jevremović, S.R.; Dragović, N. 2016. *Studija istraživanja snežnih nanosa na državnim putevima I reda*. Prilozi-Evidencija snežnih nanosa na putevima od strane angažovanih PZP, Institut za puteve a.d., Beograd.

- [9] Nejgebauer, V.; Ćirić, M.; Živković, M. 1961. *Pedološka karta Jugoslavije R 1:1.000.00*. posebne publikacije, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd.
- [10] Lakušić, D.; Blažević, J.; Ranđelović, V.; 2005. *Staništa Srbije – priručnik sa opisima i osnovnim podacima*. Institut za Botaniku i Botanička Bašta „Jevremovac” Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [11] Tabler, R.D. 2000. *Climatological analysis for snow mitigation in New York State*. Tabler and Associates, Niwot, CO.
- [12] Velašević, V. 1967. *Prilog proučavanju optimalnih konstrukcija šumskih snegobranih pojaseva*. magistarski rad, Šumarski fakultet u Beogradu.
- [13] Tabler, R. D. 1991. *Snow fence guide*. Strategic highway research program, National research council, Washington.
- [14] Tabler, R. D. 1973. *New engineering criteria for snow fence systems*. Transpostations research record 506, Washington, 65-68 p.
- [15] Tamang, B.; Andreu, M.G.; Friedman, M.H.; Rockwood, D.L. 2009. *Management of field windbreaks*. University of Florida.
- [16] Shaw, D.L. 1988. *The design and use of living snowfences in North America*. Agr Ecosyst Environ 22/23: 351-362.
- [17] Brandle, J.R.; Hodges, L.; Zhou, X.H. 2004. *Windbreaks in North American Agricultural Systems*. Published in Agroforestry Systems, 61: 65-78.
- [18] Tabler, R.D. 1994. *Design guidelines for the control of blowing and drifting snow*. Strategic highway research program, National research council, Washington, 243 p.
- [19] Sundstrom, G. 2015. *Assessment and placement of living snow fences to reduce highway maintenance costs and improve safety (living snow fences)*, study no: 047-10 report no. cdot-2015-01, Colorado Department of Transportation – Research.
- [20] Shaw, D.L. 1991. *Living Snow Fences: Protection That Just Keeps Growing*. Fort Collins, Co: Colorado State University.

## UTICAJ VREMENSKIH I KLIMATSKIH PROMENA NA ZEMLJIŠTE I PUTNU INFRASTRUKTURU NA PODRUČJU DEONICE DRŽAVNOG PUTA IB REDA BROJ 30, IVANJICA-UŠĆE

<sup>1</sup>Zorica Jeremić - zorica.jeremic87@gmail.com, Ivanjica

<sup>2</sup>Nevena Jeremić - nevenajeremic88@gmail.com, Ivanjica

**Apstrakt:** Zemljište, kao neobnovljivi prirodni resurs, susreće se sa velikom stopom degradacije, kao i veoma sporim procesom regeneracije. Na oštećenja infrastrukture i gubitke zemljišta utiču i širenje naselja i prenamena zemljišta, eksploatacija sirovina, izgradnja infrastrukture i klimatske promene. Planiranje korišćenja zemljišta namenjenog saobraćajnoj infrastrukturi predstavlja proces kojim se zemljište sagledava i procenjuje tako da postane osnova za donošenje odluka koje podrazumevaju raspored i korišćenje zemljišta. Područje deonice državnog puta IB reda broj 30, Ivanjica-Ušće obuhvata poljoprivredno, šumsko, vodno i građevinsko zemljište. Područje navedene deonice obuhvata delove teritorije opštine Ivanjica i grada Kraljevo. Na osnovu opštih resursnih i socioekonomskih karakteristika posmatranog područja, problemi racionalnog korišćenja putne infrastrukture se mogu uspešno rešiti primenom multisektorskog pristupa kojim će se uvažiti teritorijalna heterogenost i specifične socioekonomske i ekološke potrebe lokalnih zajednica. Izgradnja saobraćajne infrastrukture nije u većoj meri promenila orografiju terena, dok je uticaj na ekološki sistem i biodiverzitet minimalan.

**Ključne reči:** saobraćajna infrastruktura, zemljište, klimatske promene.

## THE IMPACT OF TIME AND CLIMATE CHANGE ON LAND AND ROAD INFRASTRUCTURE ON THE AREA OF THE STATE ROAD IB ROUTE NUMBER 30, IVANJICA-UŠĆE

**Abstract:** The land, as a non-renewable natural resource, encounters a high degradation rate, as well as a very slow process of regeneration. Infrastructure damage and land losses are affected by: the expansion of settlements and land conversion, exploitation of raw materials, infrastructure construction and climate changes. Planning of land use for the traffic infrastructure is a process by which the land is examined and evaluated, so that it becomes the basis for making decisions that involve land allocation and its use. The area of the section of the state road IB, line number 30, Ivanjica- Ušće, includes agricultural, forest, water and construction land. The area of the listed section includes parts of the territory of the municipality of Ivanjica and the city of Kraljevo. Based on the general resource and socioeconomic characteristics of the observed area, the problems of rational use of the road infrastructure can be successfully solved by applying a multisectoral approach that recognizes the territorial heterogeneity and specific socio-economic and environmental needs of local communities. The construction of the transport infrastructure did not significantly alter the terrain orography, while the impact on the ecological system and biodiversity is minimal.

**Keywords:** traffic infrastructure, land, climate change

### UVOD

„Na mnogo načina kriza životne sredine je projektantska kriza. To je posledica načina na koji su stvari napravljene, objekti izgrađeni i predeli korišćeni“

- Sim Van der Ryn and Stuart Cowan

Klimatske promene predstavljaju veoma ozbiljan problem na globalnom, a i na lokalnom nivou. Definisanjem uticaja klimatskih i vremenskih promena i njihovog uticaja na zemljište u neposrednoj okolini državnog puta IB reda, broj 30, koje je u službi istog, kao i na sam put, daju se smernice društvu i korisnicima puta kako da se na klimatske promene prilagode kao i o načinima na koje treba da upravljaju saobraćajnom infrastrukturom od izuzetnog je značaja.

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: zorica.jeremic87@gmail.com

Benefiti preventivnog delovanja na klimatske promene i očuvanje saobraćajne infrastrukture od njihovog uticaja kako bi kasniji troškovi bili što manji ne mogu se izmeriti, jer sve što se uradi danas ispoljiće svoj efekat na klimu, koja će izvršiti uticaj na zemljište i infrastrukturu koja sa na njemu nalazi, kroz više decenija.

## **1. DEONICA DRŽAVNOG PUTA IB REDA BROJ 30 - POLAZNE OSNOVE**

Promene klimatskih uslova iniciraju i promenu shvatanja prostora i infrastrukturnih objekata u prostoru kao i adekvatan planski razvoj. Postepeno se uvode nove metode planiranja infrastrukture i otvaraju se nova pitanja koja se tiču ekološke funkcionalnosti ovih objekata, a sve u skladu sa prirodom. Ono što je važno kada se govori o uvođenju novih modela planiranja saobraćajne infrastrukture, pored ekološke mora se uvesti i socijalna komponenta održivosti gde se pored inženjera i urbanista novi izazovi u vezi sa socijalnom i ekološkom odgovornošću postavljaju pred sve učesnike u procesu planiranja, to jest, razvija se svest kod svih aktera u prostoru, da isti koriste racionalno i ekološki korektno, jer neadekvatno planiranje vodi samo ka saobraćajnom haosu.

Polazna osnova za razmatranja trenutnih ekoloških uslova i stanja putne infrastrukture na brdsko- planinskom području opštine Ivanjice i Grada Kraljeva, deonice državnog puta IB reda broj 30, Ivanjica-Ušće, jesu njena geografska obeležja. U regionalno-geografskom pogledu, predmetna deonica, obuhvata planinsku Starovlaško-rašku visiju sa prelazom u dolinski kraj Ibra. Pored povoljnog geografskog položaja iz ugla ostvarivanja saobraćajnih veza sa širim okruženjem, pravi izazov biće predvideti budućnosti ovog putnog pravca, a sve uz uvažavanje uticaja klimatskih promena i njihovih posledica po planiranje i projektovanje. Potrebno je pratiti korišćenje i sanaciju postojećih puteva, posebno na ovom planinskom području, na kojima oštećenja nastaju kao posledice odnosa ljudi prema životnoj sredini, praćenje uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu i životnu sredinu, pronalaženja načina na koji se planira da u budućnosti se prilagodi projektovanje saobraćajnica u skladu sa predviđenim klimatskim promenama i „ekološkim“ načinima projektovanja i planiranja, imajući u vidu prirodu problema klimatskih promena, tako i planiranja, kako radova na graditeljskim objektima niskogradnje, tako i aktivnog učešća planera i inženjera koje se smatra ključnim kako bi se problem umanjio jer je izvesno da neće nestati.

### **1.1. Karakteristike klimatskih promena i saobraćajne infrastrukture na deonici državnog puta IB reda, broj 30**

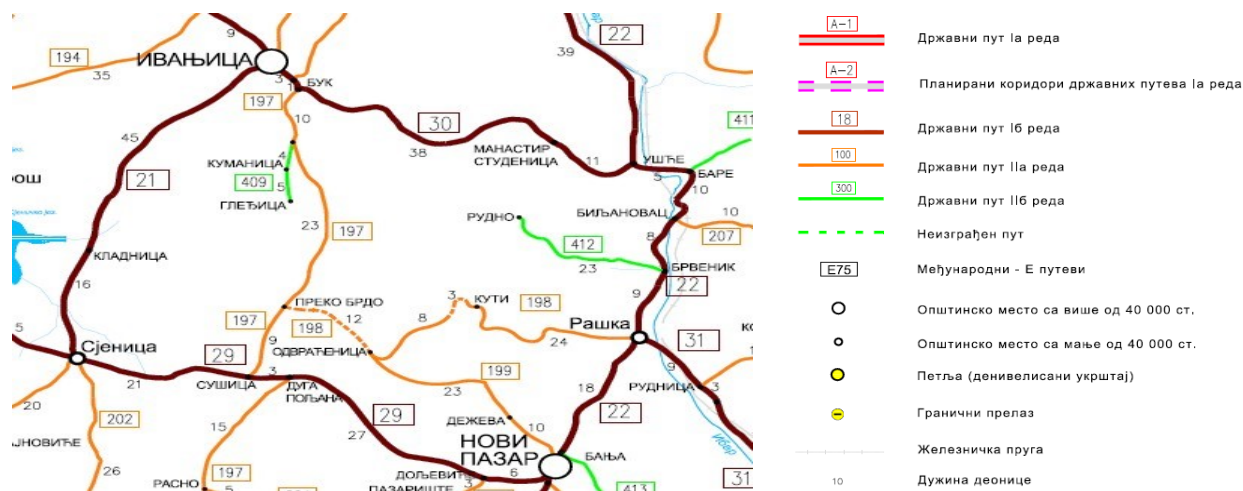
Priroda je sama po svojoj prirodi opasna za čoveka. Vršeći uticaj na prirodu, čovek je izvršio uticaj na klimu i klimatske promene, a sve kako bi je prilagodio svojim potrebama.

Klima na Zemlji stalno se menjala, s tim što danas kada govorimo o klimatskim promenama uglavnom se misli na one koje su nastale kao posledica čovekovih aktivnosti. Kako bi zemljište na kome se nalazi saobraćajna infrastruktura postalo osnova za donošenje odluka koje podrazumevaju raspored i korišćenje zemljišta, potrebno ga je sagledati i proceniti kroz proces planiranja korišćenja zemljišta kao i kroz zaštitu i održavanje. Neophodno je preduzeti konkretne mere koje će smanjiti osetljivost na klimatske promene, uključiti i ekološke efekte u korišćenju infrastrukture i zemljišta, kao i principe održivog razvoja.

Saobraćajna i putna infrastruktura i zemljište namenjeno istoj se može posmatrati kao resurs, pri čemu je vrednovanje i korišćenje zemljišta ekonomski zasnovano, a interes za profitom predstavlja odrednicu u shvatanju moguće koristi od infrastrukturnog opremanja zemljišta posebno onog namenjenog saobraćajnoj i putnoj infrastrukturi. Neophodno je utvrđivanje okvira za rekonstrukciju i novogradnju kako bi se uticaj klimatskih i vremenskih promena minimizirao. Način korišćenja i održavanja saobraćajne infrastrukture i zemljišta bira korisnik. Izbor zavisi od ograničenja životne sredine i interesa države, tj. lokalne zajednice u ovom slučaju.

Posmatrajući lokaciju državnog puta Ivanjica-Ušće, zaključeno je da pažnju treba usmeriti ka kratkoročnim planovima koji zahtevaju detaljnu analizu problema i konkretnog terena. Mapirati sva ranjiva mesta na deonici koja ugrožavaju saobraćaj i lokalno stanovištvo i na osnovu istraživanja doneti konkretne mere, a preko gore pomenutih kratkoročnih, praviti teren za održiva dugoročna rešenja, za zaštitu infrastrukture i unapređenje kvaliteta života korisnika prostora.

Primer uticaja klimatskih promena na saobraćajnu infrastrukturu, na državni put IB reda br. 30 možda nije primer globalnog nivoa, ali na nivou lokalne zajednice sigurno jeste. Predstavlja trenutno aktuelnu temu ali i temu za budućnost, kako saobraćajnu infrastrukturu učiniti održivom jer sa kvalitetnom mrežom puteva svi imaju benefite, naselja su bolje povezana, vreme transporta robe i ljudi se smanjuje, saobraćaj se ubrzava i kao krajnji rezultat smanjuje se emisija CO<sub>2</sub>.



Slika br. 1 - Izvod iz karte Mreža državnih puteva I i II reda

Izvor: [http://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/Karta\\_drzavnih\\_puteva.pdf](http://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/Karta_drzavnih_puteva.pdf)

Karakteristično kod ove deonice jeste što gotovo polovinu svoje dužine vodi uz reku Studenicu, nalazi se i u neposrednoj blizini spomenika kulture od izuzetnog značaja (manastir Studenica) i predstavlja veoma važnu i jedinu saobraćajnu vezu sa ovim lokalitetom preko koje se obezbeđuju prostorni uslovi za njegovu prezentaciju javnosti. Deo deonice prolazi i kroz područje Parka prirode Golija. U cilju zaštite manastirskog kompleksa, u budućnosti je planirana izgradnja obilaznice oko manastira Studenica (na državnom putu I B reda broj 30). Takođe, u cilju razvoja saobraćajne infrastrukture ovog područja, planirana je i izgradnja deonice državnog puta IB reda broj 30 (nekadašnji DP IB-36) na teritoriji opštine Kraljevo - izmeštanje dela DP IB reda broj 30 (deonica od Bažalskih Krševa do Pridvorice), planira se i u slučaju realizacije akumulacije „Preprana” na reci Studenici u dužini od oko 9 km, kao i dogradnja i rekonstrukcija deonice državnih puteva II reda u funkciji turizma prema Goliji, tako da promene koje će u budućnosti pretrpeti ova deonica i prostor oko nje nisu zanemarljive, znajući da je do sada ovaj putni pravac bio prilično eksploatisan, a ulaganja u njega, osim tekućeg održavanja, minimalna.

Kako je navedeni putni pravac veoma značajan za prostor koji povezuje i na kome se nalazi, neophodno je pri planiranju i projektovanju ugraditi parametre klimatskih promena, a zbog specifičnosti lokacije, problemu pristupiti ozbiljno i uključiti nacionalne, lokalne aktere i privatni sektor. Ipak, nema relevantnih podataka koji bi sa sigurnošću pokazali kakve će sve posledice pretrpeti saobraćajna infrastruktura predmetnog područja, dosta je teško praviti bilo kakva predviđanja, a dodatna otežavajuća okolnost je i to što na ovu temu nema rezultata organizovanih istraživanja te se mogu koristiti samo slična istraživanja drugih zemalja kao i lična opažanja koja će se ugraditi u buduće projekte.

Imajući u vidu da je navedena deonica veoma specifična i da prolazi kroz planinski predeo, bogat šumama, za budućnost je neophodno izvršiti procenu uticaja klimatskih promena zarad dobrog planiranja i održavanja ovog putnog pravca na kome se, u jednom njegovom delu (15 kilometra od naselja Ivanjica pa do naselja Radočelo), tokom polovine godine zadržava snežni pokrivač (snežne padavine zabeležene i 14. maja 2019. godine), a na celoj deonici u toku čitave godine prisutni su odroni i klizanje tla.

## 2. UTICAJ VREMENSKIH I KLIMATSKIH PROMENA I NAČIN KORIŠĆENJA PUTNE INFRASTRUKTURE I ZEMLJIŠTA NA PODRUČJU DEONICE DRŽAVNOG PUTA IB REDA BROJ 30, IVANJICA-UŠĆE

Uticaj klimatskih promena i čovekovo shvatanje istih nije ništa novo i nepoznato, u jednom od navodno najpoznatijih pisama/govora predsedniku SAD-a, poglavica Sijetla, kome je posvećen i Svetski dan životne



sredine (5. jul), navodi se da je rekao: „Zemlja ne pripada čoveku. Čovek pripada zemlji. To mi znamo. Sve je povezano kao krv koja ujedinjuje porodicu. Sve stvari su povezane. Čovek ne tka tkivo života, on je samo nit u tkanju. Šta god čini tkanju čini i sebi samom.“<sup>3</sup>

Nestanak bukovih i četinarskih šuma, promene u načinu korišćenja poljoprivrednog zemljišta, obilne padavine i slično, predstavljaju sve ono što nas očekuje i što će uticati na način održavanja putnih pravaca posebno onih u planinskim krajevima.

Planiranje i projektovanje saobraćajne infrastrukture mora biti prioritet u procesima planiranja i mora se bazirati na proučavanju trenutnog stanja saobraćajnica, potreba korisnika transportnih usluga i stanja zemljišta koje je u njihovoj službi kao i na predviđanju budućih stanja i potreba. Ceo proces zahteva opsežno analiziranje, istraživanje terena i potreba korisnika. Kako planske dokumentacije kod nas ne manjka, kao vodeći problem planiranja i mera istakla se implementacija istih, jer institucije još uvek ne prepoznaju klimatske promene ni kao šansu niti kao jedan od problema sutrašnjice na koji se može početi da deluje još danas. Zanemarene su osnovne namene nekog područja, kontrola realizacije planskih rešenja gotovo da ne postoji, a ni relevantni podaci o obimu saobraćaja i strukturi vozila koja se kreću deonicom Ivanjica-Ušće. Sve manjkavosti proteklih godina danas smo nasledili u vidu nesklada između naših želja da prostor planiramo i postojećeg stanja prostora i saobraćajnih sistema u njemu.

Klimatske promene, prema predviđanjima meteorologa, klimatologa i saobraćajnih stručnjaka iziskivaće donošenje niza zakonskih i strateških dokumenata kojima bi se negativni uticaj klimatskih promena minimizirao, a čiji sastavni delovi će biti mere za prevenciju i sanaciju posledica klimatskih promena. Urbanističke planove (pre svega PDR), treba upotrebiti kao veoma korisno sredstvo za prilagođavanje na uticaje klime na lokalnom nivou preko kojih će se urediti infrastruktura i precizno definisati standardi za projektovanje saobraćajnica i dimenzionisanje samih kolovoznih konstrukcija uz uvažavanje uslova topografije. Tokom izrade planske dokumentacije i sprovođenja, neophodno je voditi računa i o zemljištu na kome se saobraćaj ne odvija direktno, a u službi je glavne saobraćajnice ili se preko njega pristupa parcelama koje nemaju direktan pristup i kroz planove i dokumentaciju je potpuno zanemareno, a svojim situaciono-nivelacionim karakteristikama najčešće nezadovoljava uslove za bezbedno i nesmetano odvijanje saobraćaja.

Kod održavanja saobraćajne i putne infrastrukture, posebno deonica poput državnog puta IB reda broj 30 koji povezuje planinske krajeve, prelazeći preko obronaka Golije, Čemerna i Radočela, preko njihovih strmih i visokih strana, neophodno je početi sa praćenjem klimatskih promena koje uzrokuju povećanje broja dana sa ekstremno kratkotrajnim, a obilnim padavinama koje za posledicu već imaju svakodnevene odrone na navedenom putnom pravcu i sve veći razvoj živih erozivnih procesa. Napred navedeno iziskuje pojačano prisustvo putarskih službi na terenu kao i povećane troškove za održavanje deonice. Ako znamo da tehničke i saobraćajne karakteristike ove deonice puta već sada neodgovaraju standardima njegove kategorizacije, na koji se uključuje veliki broj nekategorisanih seoskih i šumskih puteva, pretežno zemljanih puteva, sa saobraćajno-tehnički veoma nepovoljnim elementima (nagib, širina...) onda je evidentno i neophodno povećanje broja putnih baza na ovom području zarad lakšeg održavanja, dok bogatstvo mineralnim sirovinama - kamen odličnih tehničkih karakteristika pruža mogućnost za otvaranje nekoliko kamenoloma, iako se kroz mnoštvo planova u čijem obuhvatu se nalazi i ova deonica, predviđa njihovo smanjenje.

Klimatske promene iniciraju velika ulaganja u saobraćajne infrastrukturne sisteme vodeći računa da će se sistemi padavina značajno promeniti i ove promene se moraju shvatiti kao prioritet. Promena klime već dovodi do teškoća u održavanju postojećih saobraćajnica, imajući u vidu da će se takav trend nastaviti i u budućnosti tako da pri planiranju i razmatranju infrastrukturnih objekata potrebno je u obzir uzeti ne samo trenutno već i prognozirano klimatsko stanje za neko područje. Saobraćajnice se moraju dimenzionisati na osnovu tih prognoza, odvodni kanali pokraj puteva trebaju se prilagoditi sušnim letima i prolećima sa puno padavina kao i porastu temperatura vazduha tokom zime koje iniciraju naglo topljenje snega, prouzrokujući visok vodostaj na slivnom području Studenice koji se održava tokom marta, aprila i maja, i postaje značajno obeležje klime ovog kraja pored izuzetno visokog broja izvora (preko 100). Na mestima gde put prelazi preko potoka i reke, propusti/cevi moraju postati stvar prošlosti, a mostogradnja budućnost.

<sup>3</sup> [https://hr.wikipedia.org/wiki/Seattle\\_%28poglavica%29](https://hr.wikipedia.org/wiki/Seattle_%28poglavica%29)



Visoke temperature tokom letnjih meseci na području Golije, osim što nepovoljno utiču na stanje šuma na ovom lokalitetu, takođe menjaju i eksploatacione karakteristike asfalta (topi se, stvaraju se kolotrazi i ulegnuća...), dovode do sleganja zemljišta, a isto opet do oštećenja saobraćajne infrastrukture.

Veza koja se ističe između klimatskih promena i saobraćajne infrastrukture nije samo u porastu padavina tokom godine već i u rasporedu padavina. Sve češće su pojave jakih vetrova, obilnih kiša koje aktiviraju kako stara tako i nova klizišta i utiču na bezbednost saobraćaja te je poboljšanje građevinskih materijala i tehnologija neophodno kako bi dobili infrastrukturu što otporniju na klimatske i vremenske nepogode. Kod postojećih saobraćajnica koje se eksploatšu decenijama, čemu svedoče brojna oštećenja, akcenat je na rekonstrukciji, pored toga što neretko trošak obnove prevazilazi trošak za izradu novih saobraćajnica, a na sve to prekid saobraćaja, što kod putnih pravaca poput pravca Ivanjica-Ušće skoro da je nemoguće jer za njega ne postoji alternativa.

Olakšavajuća okolnost na delu terena u blizini predmetne saobraćajnice jeste bogatstvo predela šumama i livadama koje ublažavaju eroziju i naglo oticanje padavina, ali nedovoljno. Unazad nekoliko godina neretka pojava na području planine Golija za koju je ovaj putni pravac veza, jesu baš pljuskovi gde za par sati padne količina padavina tolika da preteći prethodne godine odgovara količinama koje bi nekada pale za mesec dana. Sve to dodatno pogoršava, već i onako loše stanje putne mreže na ovom području. Putevi se svake godine popravljaju, saniraju udarne rupe, jaruge na šumskim i atarskim putevima, a na glavnom putnom pravcu koji je predmet razmatranja svakodnevno nailazi se na nova oštećenja u vidu ulegnuća i udarnih rupa na putu i na sve to kliženje tla i odroni koji su nedaleko od naselja Radočelo toliko izraženi da je cela kolovozna traka u pravcu Ušća zatvorena zemljanim nanosom. Godinama unazad najavljivane su rekonstrukcije puteva na Goliji, pa i putnog pravca Ivanjica-Ušće, ali ti projekti do sada ostajali su samo jedni u nizu nerealizovanih.

Takođe, veoma je važno kod projektovanja saobraćajnica analizirati i isplativost gradnje ili izmeštanja istih. Ovo je bitno primeniti kod novoplanirane obilaznice oko manastira Studenica (na državnom putu IB reda broj 30, predviđena dužina planirane obilaznice je oko 3 km), posebno sa aspekta isplativosti. Lokacija planirana za obilaznicu oko manastira, samo trenutno ima dobre hidrološke karakteristike, ali posmatrajući teren na kome se trenutno odvija saobraćaj između Ivanjice i Ušća, u neposrednoj blizini manastira Studenica, ne može da se ne primeti veoma izražena nestabilnost terena, koja nije uvek uzrokovana antropogenim faktorima već prirodnim, jer broj stanovnika ovog područja je veoma mali i konstantno je u opadanju, kao i broj korisnika ovog putnog pravca koji neretko u celosti može se proći, a da se ne sretne niti jedno vozilo, tako da detaljno treba ispitati nove lokacije i to da li su one prave za narednih 30 i više godina. Ono što se na ovakvim terenima već sada primećuje, a u budućnosti se smatra da će biti još izraženije usled porasta temperature na globalnom nivou jeste smanjenje šuma (bukovih, četinarskih) i ekosistema i na većim nadmorskim visinama, a samim tim može se očekivati povećan broj novih nestabilnosti i klizišta kao i problemi sa bujičnim tokovima na ovom terenu. Potrebno je napomenuti da se trenutno prati stanje državnih šuma dok relevantnih podataka o privatnim šumama nema.

Kada već govorimo o šumama i njihovom značaju i vezi sa saobraćajem mora se navesti da za stanovništvo u blizini državnog puta IB reda broj 30, koji je predmet analize, u najvećoj meri svoju egzistenciju i razvoj lokalne zajednice zasniva na preradi drveta koje se koristi kao specifičan i dragocen građevinski materijal, a tu je i određeni broj kamenoloma i pozajmišta za lokalne potrebe sa potencijalom za povećanje proizvodnje i izlazak sa viškom proizvoda na šire tržište, posebno ukrasnog kamena i mermera za ambijentalno uređenje, znajući da se isti koristio od davnina za ukrašavanje, najpre verskih, a danas stambenih i poslovnih objekata. Strogo ograničavanje seče šuma i otvaranje novih kamenoloma u neposrednoj blizini puta IB reda je „mač sa dve oštrice“. Sa jedne strane štiti se životna sredina od degradacije i negativnih uticaja, sprečava se pojava novih i saniraju se stara klizišta izbegavajući „nestandardne“ intervencije na izvornom izgledu terena, posebno onih sa većim nagibom, a opet ova deonica drugačiji teren skoro da ne poznaje, zahteva se održanje vegetacije, sprečava se neplanska granja, a sa druge ograničava se razvoj ovog ekonomski posrnulog kraja iz koga se mlado stanovništvo intenzivno iseljava, a kao jedan od razloga za lošu ekonomsku sliku ovoga kraja može se navesti i loša saobraćajna opremljenost i povezanost sa drugim krajevima kao i loše stanje postojeće putne mreže.

Kroz planove, mere i zakone predviđa se izrada katastra klizišta i karata stabilnosti terena, a ceo ovaj kraj je jedno potencijalno klizište, strogo se zabranjuje neplanska seča šuma na pokrenutim kliznim terenima, a opet šume se same od sebe suše kao posledica klimatskih promena i drugo. Takođe, štiti se ovaj prostor od elementarnih nepogoda, a zapravo samo se saniraju posledice, planira se izgradnja adekvatne infrastrukture, a gradnja izostaje i td.

Planiranje, projektovanje, a potom i izgradnja i održavanje puteva definisano je sledećim zakonskim regulativama zajedno sa podzakonskim aktima koji ih prate:

- Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019 i 37/2019 - dr. zakon)

- Zakon o putevima ("Sl. glasnik RS", br. 41/2018 i 95/2018 - dr. zakon)

- Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima ("Sl. glasnik RS", br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - odluka US, 55/2014, 96/2015 - dr. zakon, 9/2016 - odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 - dr. zakon, 87/2018 i 23/2019).

U napred navedenim Zakonima zaštita životne sredine veoma slabo je obrađena, a o uticaju klimatskih promena nema ni reči kao ni o nezavisnoj i sistemskoj proveru dokumentacije koja prati planove i projekte puteva čime bi se definisale obaveze upravljača puta da sprovodi kontrolu uticaja puta na životnu sredinu u svim fazama, od izgradnje do održavanja izgrađenih puteva. Korist od detaljnih provera projekata planiranih puteva ili puteva koji se rekonstruišu, poput višedecenijski eksploatisanog puta Ivanjica-Ušće, bila bi višestruka, počev od ekonomske pa sve do projektne. Osnovni cilj revizije projekata jeste da se kod novoplaniranih, a i kod sanacije starih izvrši adekvatno ocenjivanje klimatskih uticaja na put tako da se neadekvatna rešenja na vreme uoče i otklone te da se obezbedi minimiziranje uticaja puta na životnu sredinu, a samim tim i na klimatske promene, s tim što je dosta lakše ispravljanje i ocenjivanje planskih rešenja dok su još u fazi projektovanja nego po njihovoj realizaciji na terenu. Mada, sa druge strane ovako sveobuhvatne kontrole projekata iziskivale bi povećanje troškova izrade i ispravke projektne dokumentacije, ali kada se na kraju sve sagleda korist višestruko premašuje troškove i čini izradu infrastrukturnih planova sa uvedenom komponentom klimatskih uticaja opravdanom i isplativijom od one koja bi se sprovodila nakon što klimatske promene izvrše svoj uticaj na infrastrukturu.

Tema klimatskih promena i njihov uticaj na saobraćajnu i putnu infrastrukturu veoma je kompleksna i ne može se rešiti pukim donošenjem uredbi, konstantnim ulaganjem u popravku i „krpljenje“ putnih pravaca poput ovog, već se mora raditi na saradnji državnog i privatnog sektora, edukaciji upravljača puteva, izvođača radova i na kraju korisnika puteva.

Preko gore navedenih primera, može se zaključiti da je zarad održivog planiranja saobraćaja, pri izradi i primeni planova neophodno sprovesti što detaljnije analize i evaluaciju svih parametara vremena, klime, korisnika i drugog što utiče na saobraćajnu infrastrukturu uz obaveznu kontrolu realizacije i prilagođavanje planiranih saobraćajnih rešenja zahtevima okruženja i prirode.

### 3. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega napred navedenog zaključuje se da kada je reč o ekologiji, klimatskim promenama i infrastrukturi, da se radi o veoma delikatnom problemu do čijeg rešenja se ne može brzo i lako doći bez multidisciplinarnog pristupa i intervencije na više različitih polja, kao i saradnje svih aktera u prostoru. Takođe, što pre se mora početi sa primenom održivih (environmental friendly) mera zaštite puteva, dok elaborati procene rizika od klimatskih promena moraju postati sastavni deo projektne dokumentacije putne infrastrukture. Neophodno je uvesti promene u načinu projektovanja putne infrastrukture i promene u materijalu koji se primenjuje za gradnju istih, a sve u cilju ekološki bezbednijeg i bezbolnijeg nastavka saradnje infrastrukturnih i prirodnih sistema, zarad blagovremenog prilagođavanja na klimatske promene kroz različite faze i intervencije, jer dosadašnja praksa, pa i praksa Odeljenja za urbanizam opštine Ivanjica, pokazala je da se izradi projektne dokumentacije za izgradnju novih i rekonstrukciju starih puteva pristupa bez prethodne saobraćajne analize koja bi definisala postojeće i buduće potrebe za saobraćajem i dala okvire njegovog uticaja na životnu sredinu, a prethodila bi procesima projektovanja. Primenom ovakvih

analiza u velikoj meri bi se unapredilo planiranje i projektovanje saobraćajne infrastrukture i stvorio okvir za početak nove ere u izradi planske dokumentacije.

Predstavljeno stanja putne infrastrukture sa stanjem zemljišta koje služi istoj i okružuje je, na deonici puta Ivanjica-Ušće, kao i sama izgradnja iste i njeno dugogodišnje korišćenje nisu doveli do veće degradacije životne sredine i zemljišta u okolini, ali je uticaj klimatskih promena na samu deonicu već duže vreme veoma izražen te se problemu mora pristupiti što kvalitetnije, kao i problemima korisnika infrastrukture ovog prostora i okoline. Trenutno najveći deo motornog saobraćaja je ciljnog karaktera - poseta manastiru, dok je tranzitni ograničenog obima, a teretni saobraćaj vrši najveće opterećenje na ovu deonicu puta.

Ukoliko bi se ovoj tematici posvetilo više pažnje istovremeno bi uspela da se sačuvaju prirodna obeležja ovog prostora i njegovi potencijali, a obezbedili bi se uslovi za izgradnju novih puteva, a samim tim i život i ostanak stanovništva koje je ujedno i korisnik istih jer saobraćaj može i mora da se posmatra kao nužno zlo, ali i kao osnovna funkcija svakog naselja, opštine, grada, dok je ispred saobraćaja jedino život.

Ono što ne smemo zaboraviti jeste to da u budućnosti ovaj putni pravac očekuje puno promena, između ostalog i povećanje intenziteta saobraćaja tokom i nakon realizacije Plana detaljne regulacije za ski centar „Golija“ koji se u dobroj meri oslanja na ovaj putni pravac kome je sanacija više nego neophodna, a sve uz uvažavanje i očuvanje zemljišta, zelenih površina, šuma, kvaliteta vazduha.

Pažnju na ovom prostoru privlači i reka Studenica, koja čuva autentičnost reljefnih obeležja ovog terena, uz koju dobrim sojnim delom vodi deonica Ivanjica-Ušće, koja pored estetske uloge ima potencijal za razvoj ribolova, tj. turizma i ribnjaka, a opet sve to oslanjajući se na vezu sa ovom saobraćajnicom. Preporuka upravljaču puta jeste, da pre izvođenja bilo kakvih radova, zarad očuvanja ovog predela, angažuje sve nadležne institucije za vršenje fizičkih, hemijskih i bioloških osobina zemljišta kao i proveru kvaliteta vazduha, pored poštovanja svih pravila za dimenzionisanje kolovozne konstrukcije.

Iz priloženog, zaključuje se da ova teritorija i putni pravac prolaze kroz nesvakidašnji period. Uslovi i način života lokalnog stanovništva i drugih korisnika ove deonice se naglo menjaju, očekuje se povećanje zagađenosti usled povećanja intenziteta saobraćaja kao i intenzivnije korišćenje potencijala reke Studenice, smanjenje terena pogodnih za proširenje puta Ivanjica-Ušće i izgradnju/modernizaciju lokalnih puteva. Očekivanja su da će angažovanjem stručnjaka za prostor, puteve i životnu sredinu, koji će uraditi sve neophodne planove i projekte, koje će isto tako i implementirati, ova saobraćajnica zajedno sa okolinom dobiti formu kakvu zaslužuje.

Veoma značajan period za dati prostor tek predstoji, a predviđanja su da će se to dogoditi nakon potpune realizacije PDR ski centra „Golija“, Plana detaljne regulacije koridora infrastrukture na području Prostornog plana Parka prirode „Golija“ (na teritoriji opštine Ivanjica) i Prostornog plana područja posebne namene „Studenica“ kojim se planiraju značajne promene na deonici Ivanjica-Ušće, koja je predmet razmatranja, kao tri najznačajnija projekata za ovaj prostor.

#### Literatura:

- [1] Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019 i 37/2019 - dr. zakon)
- [2] Zakon o putevima ("Sl. glasnik RS", br. 41/2018 i 95/2018 - dr. zakon)
- [3] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima ("Sl. glasnik RS", br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - odluka US, 55/2014, 96/2015 - dr. zakon, 9/2016 - odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 - dr. zakon, 87/2018 i 23/2019)
- [4] Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon)

- [5] Uredba o zaštiti Parka prirode Golija ("Službeni glasnik RS", br. 45/01 i 47/09)
- [6] Uredba o kategorizaciji državnih puteva („Službeni glasnik RS”, br. 105/13 i 119/13)
- [7] Prostorni plan opštine Ivanjica ("Službeni list opštine Ivanjica”, broj 3/13)
- [8] Prostorni plan područja posebne namene Parka prirode Golija („Službeni glasnik RS”, broj 16/09)
- [9] Nacrt PPPPN manastira Studenica sa SPU PPPPN manastira Studenica na životnu sredinu, 2019. Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture.
- [10] Van der Ryn, S., Cowan, S. 2007. Ecological Design. Anniversary edition, Island Press, Washington, DC.
- [11] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Seattle\\_%28poglavica%29](https://hr.wikipedia.org/wiki/Seattle_%28poglavica%29)  
(09.04.2019)
- [12] [http://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/Karta\\_drzavnih\\_puteva.pdf](http://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/Karta_drzavnih_puteva.pdf)  
(09.04.2019)

## KRITERIJUMI ZA PROCENU UGROŽENOSTI PUTEVA PRVOG I DRUGOG REDA OD POJAVE BUJIČNIH POPLAVA

Ratko Ristić<sup>1</sup>, Vukašin Milčanović<sup>1</sup>, Siniša Polovina<sup>1</sup>, Ivan Malušević<sup>1</sup>, Boris Radić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, ratko.ristic@sfb.bg.ac.rs

**Rezime:** *Bujične poplave su najčešća pojava iz arsenala prirodnih rizika na teritoriji Srbije. Njihova prostorna i vremenska distribucija ugrožava brojne putne pravce i dovodi do oštećenja kolovoza, trupa puta i prekida saobraćaja. Posebno su izložene putne deonice u zoni ukrštanja sa vodotokovima gde je smanjena funkcionalnost putnih propusta ili redukovani proticajni profil mostovskih otvora. U takvim slučajevima neophodno je preduzeti određene preventivne mere, čija je funkcija da se očuva pojevtovana propusna moć ovih objekata, u uslovima pojave velikih voda opterećenih visokim sadržajem čvrste faze i plutajućeg nanosa. S obzirom da nije moguće jednovremeno primeniti preventivne mere na sve objekte, neophodno je napraviti hijerarhiju prioriteta na osnovu nivoa ugroženosti, koji se određuje korišćenjem tri indikatora. Indikatori su determinisani na osnovu terenskih istražnih radova, koji su sprovedeni na delovima slivova reka Save, Južne i Zapadne Morave, na 554 kontrolne tačke gde dolazi do ukrštanja puteva sa bujičnim vodotokovima. Korišćena su tri ključna indikatora: specifičan oticaj velike vode, verovatnoće pojave  $p=1\%$ ; površina poprečnog preseka propusta ili mostovskog otvora; procena obraslosti korita vegetacijom u zoni ukrštanja sa putevima I i II reda, odnosno, procena zasutosti nanosom i komunalnim otpadom. Kategorije ugroženosti su podeljene na četiri klase, odnosno, nivoa rizika, u skladu sa pripadajućim bodovima koji su dodeljeni na osnovu navedenih indikatora.*

**Ključne reči:** *bujična poplava, putna mreža, proticajni profil, maksimalan proticaj, vučeni nanos, vegetacija.*

## CRITERIA FOR TORRENTIAL FLOOD RISK ASSESSMENT OF I AND II ORDER ROADS

Ratko Ristić<sup>1</sup>, Vukašin Milčanović<sup>1</sup>, Siniša Polovina<sup>1</sup>, Ivan Malušević<sup>1</sup>, Boris Radić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade Faculty of Forestry, ratko.ristic@sfb.bg.ac.rs

**Summary:** *Torrential floods are the most common occurrence out of the range of natural hazards in the territory of Serbia. Their spatial and temporal distribution also threatens numerous road routes and causes damage to roads, a body of the road, while it also causes traffic disruptions. Particularly exposed are the sections of the roads that are in the zones of intersection with watercourses, which reduces the functionality of road culverts or decreases the flow profile of bridge openings. In such cases, it is necessary to take certain preventive measures aimed at preserving the projected throughput of these structures in the conditions of high waters with a high content of solid phase and floating sediment. Since it is not possible to simultaneously implement preventive measures at all facilities, it is necessary to create a hierarchy of priorities based on the level of risk, which is defined by using three indicators. The indicators are determined on the basis of field research work that was carried out on parts of watersheds of the Sava and South and West Morava Rivers, at 554 control points at intersections of roads and torrential streams. Three key indicators were used: specific maximum discharge (probability of occurrence  $p=1\%$ ), the cross-sectional area of the culvert or bridge opening and estimation of the vegetation cover in the intersection zone with roads of the I and II order and the estimation of deposit and municipal waste sedimentation. The risk categories are divided into four classes, i.e. risk levels in accordance with the corresponding points assigned on the basis of the above indicators.*

**Keywords:** *torrential flood, road network, flow profile, maximum discharge, bedload, vegetation.*

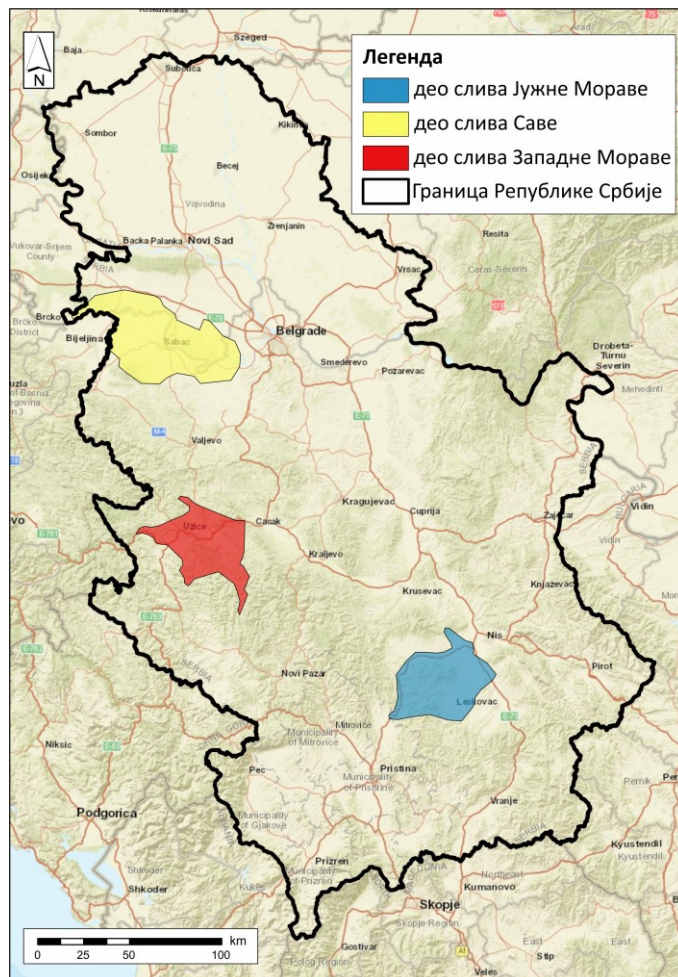
### 1. UVOD

Bujične poplave su najčešća pojava iz arsenala prirodnih rizika na teritoriji Srbije [1]. Njihova prostorna i vremenska distribucija ugrožava i brojne putne pravce i dovodi do oštećenja kolovoza, trupa puta i prekida saobraćaja [2]. Posebno su izložene putne deonice u zoni ukrštanja sa vodotokovima gde je smanjena funkcionalnost putnih propusta ili redukovani proticajni profil mostovskih otvora [3], [4]. U takvim slučajevima neophodno je preduzeti određene preventivne mere, čija je funkcija da se očuva pojevtovana propusna moć ovih objekata, u uslovima pojave velikih voda opterećenih visokim sadržajem čvrste faze i plutajućeg nanosa. S obzirom da nije moguće jednovremeno primeniti preventivne mere na sve objekte, neophodno je napraviti hijerarhiju prioriteta na osnovu nivoa ugroženosti, koji se određuje korišćenjem tri indikatora. Indikatori su determinisani na osnovu terenskih istražnih radova, koji su sprovedeni na delovima slivova reka Save, Južne i Zapadne Morave, na 554 kontrolne tačke gde dolazi do ukrštanja puteva sa bujičnim vodotokovima. Korišćena su tri ključna indikatora: specifičan oticaj velike vode, verovatnoće pojave  $p=1\%$ ; površina poprečnog preseka propusta ili mostovskog otvora; procena obraslosti korita vegetacijom u zoni ukrštanja sa putevima I i II reda, odnosno, procena zasutosti nanosom i komunalnim otpadom. Kategorije

ugroženosti su podeljene na četiri klase, odnosno, nivoa rizika, u skladu sa pripadajućim bodovima koji su dodeljeni na osnovu navedenih indikatora.

## 2. METODOLOGIJA RADA I ISTRAŽIVANO PODRUČJE

Područje istraživanja obuhvata tri prostorne celine (slika 1), sa 554 kontrolne tačke: deo sliva reke Save (bez Kolubare i Drine), sa 132 kontrolne tačke; deo sliva sa leve strane Južne Morave, od Stalaća do granice sliva reke Jablanice, sa 192 kontrolne tačke; deo sliva Zapadne Morave (bez Ibra), sa 230 kontrolnih tačaka.



Slika 1. Prostorni raspored istraživanih područja

Istraživanje je sprovedeno kako bi se utvrdio stepen ugroženost puteva I i II reda od pojave bujičnih poplava. Na istraživanom području dela sliva reke Save nalazi se ukupna dužina izgrađene i neizgrađene putne mreže od 1.291 km i to, prema kategorijama puteva: IA-332 km; IB-268 km; IIA-404 km; IIB-287 km. Na istraživanom području dela sliva Južne Morave nalazi se ukupna dužina izgrađene putne mreže od 792 km i to, prema kategorijama puteva: IA-55 km; IB-92 km; IIA-467 km; IIB-177 km. Na istraživanom području dela sliva reke Zapadne Morave nalazi se ukupna dužina izgrađene putne mreže na dužini od 1.168 km i to, prema kategorijama puteva: IA-115 km; IB-330 km; IIA-563 km; IIB-160 km.

Aktuelni zakonski propisi ne sadrže odrednice koje se odnose na kriterijume za procenu ugroženosti puteva I i II reda od pojave bujičnih poplava, stoga je kreirana prigodna metodologija, koja obuhvata hidrološke, hidrauličke, antropogene i prirodne uticaje. Determinisani su sledeći faktori od uticaja:

- specifičan oticaj velike vode, verovatnoće pojave  $p=1\%$ ;
- površina poprečnog preseka propusta ili mostovskog otvora, u zoni ukrštanja puteva I i II reda sa vodotokovima;

- procena obraslosti rečnog (potočnog) korita u zoni ukrštanja sa putevima I i II reda; procena zasutosti nanosom i komunalnim otpadom.

U odnosu na dobijene vrednosti specifičnog maksimalnog oticaja  $q_{smax(1\%)}$  određene su 4 klase rizika, izražene odgovarajućim brojem bodova (tabela 1).

**Tabela 1. Kriterijum specifičnog maksimalnog oticaja**

Specifičan maksimalni proticaj $q_{smax} (m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2})$	Broj poena
$\leq 0.5$	10
0.5–1.0	15
1.0–2.0	25
$> 2.0 m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	35

Drugi kriterijum se odnosi na površinu otvora putnih propusta i mostova, koja je podeljena u tri kategorije (tabela 2).

**Tabela 2. Kriterijum površine otvora putnih propusta i mostova**

Red.br.	Površina otvora ( $m^2$ )	Broj poena
1	$\leq 1,0$	30
2	1,0–4,0	20
3	$> 4,0$	10



**Slika 2. Različite dimenzije otvora putnih propusta i mostova**

Treći kriterijum se odnosi na ocenu količine nanosa, vegetacije i otpada u zoni ukrštanja korita stalnih i povremenih vodotokova sa putevima I i II reda. Prema ovom kriterijumu, broj poena se dodeljuje na osnovu tri kategorije, prikazane u tabeli 3.

**Tabela 3. Kriterijum prisustva vegetacije i nanosa**

Red.br.	Nanos i vegetacija u zoni propusta	Broj poena
1	Obraslo vegetacijom i zasuto nanosom	30
2	Prisutan nanos bez vegetacije	10
3	Nema vegetacije i nanosa	5



**Slika 3. Vegetacija i nanos u zoni propusta i mostova**

Kategorije ugroženosti su podeljene na četiri klase, odnosno, nivoa rizika, u skladu sa pripadajućim bodovima koji su dodeljeni na osnovu navedenih indikatora (tabela 4).

**Tabela 4. Kategorije ugroženosti (rizika)**

Kategorija ugroženosti	Nivo rizika	Broj poena
I Kategorija ugroženosti	Veoma visok rizik	100-81
II Kategorija ugroženosti	Visok rizik	80-50
III Kategorija ugroženosti	Umeren rizik	49-30
IV Kategorija ugroženosti	Nizak rizik	<30



**Slika 4. Primeri kategorije ugroženosti (rizika)**

Tokom istraživanja, od februara do jula 2018. godine, korišćeni su odgovarajući aerofoto snimci, satelitski snimci, digitalni model terena (GDEM) ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), topografske (R=1:25.000), geološke (R=1:100.000) i pedološke (R=1:50.000) karte, kao i hidrometeorološki podaci. Korišćena je karta osnovnog zemljišnog pokrivača za teritoriju Republike Srbije, preuzeta sa Geoportala Srbije u rasterskom obliku rezolucije 10 m, kao i mreža državnih puteva I i II reda iz referentnog sistema (JP Putevi Srbije).

Na osnovu topografskih podloga i determinisane mreže državnih puteva utvrđene su lokacije ukrštanja puteva i vodotokova (stalnih i povremenih). Terenski istražni radovi su omogućili preciznu identifikaciju kritičnih tačaka na putnoj mreži, odnosno, mostova i propusta koji su ugroženi bujičnim poplavama, na osnovu čega je sačinjena evidencija sa sledećim elementima: opis ugroženih mesta i procena rizika; fotodokumentacija; proračun velikih voda.

Velika voda verovatnoće pojave  $p=1\%$ , odnosno, povratnog perioda od 100 godina  $Q_{\max(1\%)}$ , određena je primenom kombinovane metode, koja ima dva osnovna segmenta: SCS postupak za razdvajanje efektivnih padavina  $P_e$  (formiraju direktan oticaj) od ukupnih (bruto padavina  $P_{br}$ ); teoriju sintetičkog jediničnog hidrograma za determinisanje vršne ordinate jediničnog oticaja  $q_{j\max}$ .



### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanjima su obuhvaćene tri prostorne celine, sa 554 kontrolne tačke, gde je na osnovu opisanih kriterijuma utvrđen određeni broj ugroženih lokacija (tabela 5).

**Tabela 5. Kategorije ugroženosti (rizika)**

Kategorija ugroženosti	Nivo rizika	Broj ugroženih lokacija
I Kategorija ugroženosti	Veoma visok rizik	87
II Kategorija ugroženosti	Visok rizik	238
III Kategorija ugroženosti	Umeren rizik	47
IV Kategorija ugroženosti	Nizak rizik	182
<b>Ukupno:</b>		<b>554</b>

Dominiraju lokacije u kategoriji visokog rizika (42,96%), slede lokacije u kategoriji niskog rizika (32,85%), zatim veoma visokog rizika (15,7%) i umerenog rizika (8,48%).

Na delovima sliva Južne Morave zabeleženo je više divljih deponija u neposrednoj blizini propusta i mostova, nereguliranih i deformisanih korita vodotokova, u odnosu na istraživana područja slivova Zapadne Morave i Save. Na delu sliva Zapadne Morave uočen je veliki broj propusta koji su ugroženi vegetacijom i deponovanim nanosom. Putni propusti na delovima sliva Save su najčešće deo kanala za navodnjavanje i odvodnjavanje, koji su uglavnom obrasli vegetacijom.

### 4. DISKUSIJA

Značaj puteva I i II reda zahteva dužnu pažnju nadležnih institucija u cilju očuvanja njihove funkcionalnosti, pri čemu su bujične poplave veoma čest faktor oštećenja ili destrukcije, posebno u zonama ukrštanja sa stalnim ili povremenim vodotokovima. Pored aktivnosti koje su u domenu redovnog održavanja (čišćenje u zonama propusta, uklanjanje vegetacije), rekonstrukcije ili povećanja proticajnog profila u neposrednoj zoni putne mreže, veoma je važno obaviti primenu koncepta integralne protiverozione zaštite i na slivnim područjima bujičnih vodotokova sa ekstremno nepovoljnim hidrološkim režimom.

Dugoročna protiveroziona zaštita terena može se ostvariti primenom koncepta integralne zaštite koji podrazumeva primenu mera biološkog, biotehničkog, tehničkog i administrativnog karaktera [5]. Smernice za integralnu protiverozionu zaštitu sadrže sledeće segmente: poboljšanje infiltraciono-retencionih karakteristika zemljišta na nagibima (protiveroziono pošumljavanje degradiranih šumskih, livadsko-pašnjačkih površina i goleti; popunjavanje proređenih šumskih sastojina; primena ilofilterskih sistema na strmim padinama koje gravitiraju hidrografskoj mreži; primena mera agrošumarstva, kroz selektivno korišćenje površina za ispašu stoke i podizanje zaštitnih barijera); podizanje poprečnih objekata u manjim pritokama (u stalnim tokovima pragovi ili pregrade, u cilju zaustavljanja nanosa, stabilizacije korita i obala; u povremenim tokovima i jarugama, podizanje gabionskih pragova, korisne visine do 100 cm ili sistema pletera, korisne visine 70-90 cm); primenu administrativnih mera (zabrane i preporuke), na osnovu odgovarajuće planske dokumentacije (*Planovi za proglašenje erozionih područja i odbranu od bujičnih poplava na vodotokovima II reda*).

### 5. ZAKLJUČAK

Bujične poplave, kao najčešća pojava iz arsenala prirodnih rizika na teritoriji Srbije, ugrožavaju između ostalog i značajan deo mreže puteva I i II reda.

Posebno su kritične deonice puteva I i II reda u zonama ukrštanja sa stalnim i povremenim vodotokovima, gde su izgrađeni putni propusti ili mostovi, u situacijama kada ne mogu u potpunosti da sprovedu veliku vodu ili kada dolazi do zagušenja, što dovodi do izlivanja vode na put, oštećenja kolovoza ili trupa puta, nekad i rušenja.

Determinisana su tri osnovna kriterijuma koja se uzimaju u obzir prilikom procene kategorije ugroženosti: intenzitet poplavnog oticaja; površina putnog propusta ili mostovskog otvora; stepen obraslosti vegetacijom i zasutosti nanosom.

Izdvojene su četiri kategorije ugroženosti, u odnosu na mogući rizik, prema broju bodova: veoma visok rizik (81-100), visok rizik (50-80), umeren rizik (30-49) i nizak rizik (<30).

U skladu sa determinisanim kategorijama ugroženosti za pojedine lokacije moguće je odrediti prioritete i obaviti adekvatne radove u domenu redovnog održavanja, popravke ili unapređenja propusne moći objekata za evakuaciju vode, čime se značajno redukuje rizik i moguće posledice u slučaju pojave bujične poplave na predmetnom vodotoku.

## Literatura

- [1] Ristić, R.; Kostadinov, S.; Abolmasov, B.; Dragičević, S.; Trivan, G.; Radić, B.; Trifunović, M.; Radosavljević, Z. 2012. Torrential floods and town and country planning in Serbia, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1(12): 23-35.
- [2] Dragičević, S.; Kostadinov, S.; Novković, I.; Momirović, N.; Stefanović, T.; Radović, M.; Jeličić, M. (2019). Bujične poplave kao kao faktor rizika za putnu mrežu u slivu Ibra, Simpozijum: Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine, Zbornik radova, str. 261-266, Palić – Subotica.
- [3] Ristić, R.; Milčanović, V.; Polovina, S.; Malušević I.; Radić B. 2017. Monitoring degradacionih erozionih procesa u PP „Stara planina“ za ŠG „Timočke šume“, Boljevac, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd.
- [4] Ristić, R.; Milčanović, V.; Polovina, S.; Malušević I.; Radić B. 2017. Ispitivanje uticaja mreže šumskih puteva i vlaka na intenzitet površinskog oticaja i erozionih procesa za potrebe PP“ STARA PLANINA“ za ŠG „PIROT“– Piroto za 2017. godinu, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd
- [5] Ristić, R.; Polovina, S.; Malušević, I.; Ristić, M.; Milčanović, V. 2017. Unapređenje stanja životne sredine primenom koncepta integralne protiverozione zaštite na primeru sliva Kalimanske reke, *Zaštita prirode* 66/1: 15-22.

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA – UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI  
ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11**

**Nataša Joković, dipl.građ.inž.**

Koridori Srbije d.o.o., Kralja Petra 21, 11000, Beograd

[n.jokovic@koridorisrbije.rs](mailto:n.jokovic@koridorisrbije.rs)

Nataša Joković, dipl.građ.inž.

Koridori Srbije d.o.o., Kralja Petra 21, 11000, Beograd

**Rezime**

*U radu su prikazani primeri iz prakse na ugradnji separatora ulja i masti u okviru zatvorenih sistema kanaliziranja i odvođenja atmosferskih voda sa kolovoznih površina auto puteva.*

*Na osnovu iskustva sa izgradnje auto puteva u Srbiji, dati su primeri primene ovog sistema odvodnjavanja.*

*Prikazani su i načini uklapanja sistema odvodnjavanja u okruženje: putni pojas i okolni teren.*

*Dati su primeri ugradnje separatora masti i ulja različitih tipova, vrsta, oblika, kapaciteta i materijala koji su primenjivani pri izgradnji Koridora 10 i Koridora 11.*

*Zatvoren sistem odvođenja vode sa separacijom otpadnih masti i ulja iz motornih vozila obezbeđuje zaštitu okruženja od zagađenja, samo ukoliko se ugrađeni sistemi, kao i svi delovi i objekti kontinualno održavaju.*

*Ključne reči: odvođenje vode, sistemi, cevna kanalizacija, kanali, separatori.*

---

**CLOSED SYSTEMS OF HIGHWAY DRAINAGE – INSTALLATION OF OIL AND GREASE SEPARATORS  
EXPERIENCES IN CONSTRUCTION OF CORRIDOR 10 AND CORRIDOR 11**

**Summary**

*Practical examples have been presented in paper of the installations of oil and grease separators within the closed system of atmospheric water drainage from the pavement surfaces at the highway.*

*Based on the experience from construction of highways in Serbia, examples of applying this type of drainage system were given. Methods of integrating the drainage system into the environment were presented: road belt and surrounding terrain. Examples were given on installation of grease and oil separators of different types, sorts, shapes, capacities and materials which have been used during construction works at the Corridor 10 and Corridor 11.*

*Closed drainage system with a separation of waste grease and oil from motor vehicles provides protection of the environment from the pollution, only if the installed systems are continuously maintained.*

*Keywords: drainage, systems, pipe drainage, channels, separators.*

## 1. UVOD

Savremena izgradnja puteva zahteva i izgradnju sistema za odvodnjavanje puta, koji ne narušavaju kvalitet životne sredine i kvalitet vodnih resursa, a u skladu sa propisanom zakonskom regulativom.

Izgradnjom sistema za odvodnjavanje ostvaruje se kontrolisano prikupljanje i odvođenja kišnog oticaja sa kolovoza. Pored povećanja bezbednosti odvijanja saobraćaja u uslovima padavina, dodatni cilj je očuvanje životne sredine. To podrazumeva kontrolisano prikupljanje i odvođenje zagađenog kišnog oticaja i njegovo prečišćavanje do zahtevanog stepena, pre ispuštanja u recipijent.

Pri izgradnji Koridora 10 i Koridora 11 primenjeni su sistemi kontrolisanog odvodnjavanja kolovoznih površina. Svi sistemi su "zatvoreni sistemi odvodnje", u smislu da ne postoji mešanje zagađene vode sa kolovoza sa čistom pribrežnom vodom ili sa vodom iz okolnog terena.

Svi primenjeni sistemi su podrazumevali prikupljanje vode sa kolovoza i odvođenje vode do postrojenja za prečišćavanje, a nakon prečišćavanja voda se odvodi do ispusta u recipijent. Tako da se pored evakuacije vode sa kolovoza, vodilo računa i o ostvarenju ekološke zaštite okruženja.

Ovakav vid rešenja zasniva se na kriterijumu Evropske Unije koji se odnose na zaštitu životne sredine. Pozivanjem na važeću zakonsku regulativu štiti se kvalitet vodnih resursa.

Razlozi za primenu opisanog sistema odvodnjavanja su sledeći:

1. Zakon o vodama definiše obavezu zaštite vodotoka od zagađenja i neophodnost analize uticaja autoputa na vodotoke.
2. Zakon o režimu voda (član 3. i član 9.) definiše obavezu održavanja propisanog režima voda.
3. Poštovanje Vodoprivredne osnove Srbije je ugovorna obaveza, a njime su definisane propisane i zahtevane klase vodotoka.
4. Evropske zemlje su u prethodnoj deceniji počele da uvode u praksu propise o obaveznom prečišćavanju oticaja sa kolovoza autoputeva i to shodno važećem evropskom standardu EN 858.

## 2. SISTEMI ODVODNJAVANJA

### 2.1 Zatvoreni sistem odvodnjavanja

Odvodnjavanje kolovozne površine, podrazumeva kontrolisano prikupljanje atmosferskih voda sa kolovoza. Voda se poprečnim i podužnim nagibom kolovoza usmerava da teče uz ivičnjak do slivnika gde se:

- slivničkom vezom priključuje na revizione silaze odnosno u **kanalizacione kolektore**, ili se
- putem koruba postavljenim niz kosinu nasipa odvodi do **otvorenih kanala**, koji prikupljaju vodu iz koruba i dalje sprovode do postrojenja za prečišćavanje – separatora ulja i masti.

Česta je primena i kombinovanog sistema kanalizacionih kolektora i otvorenih kanala, a sve je zatvoreni sistem odvodnje ka postrojenjima za prečišćavanje – separatorima.

Zatvoreni sistem odvodnje ima prednost u odnosu na otvoreno izlivanje vode. Odvođenje vode je van zone puta, a prečišćavanjem vode sprečava se zagađenje okoline i vodotokova.

### 2.2 Otvoreni kanali

U slučaju odvodnjavanja sistemom otvorenih kanala, voda se do kanala evakuiše putem koruba postavljenim niz kosinu nasipa. Korubni ispusti su postavljeni na delovima saobraćajnice gde postoje ivičnjaci. Ispusti se ulivaju u kanale po nožici ili kosini nasipa. Kanali su uglavnom armirano betonski, a pre uliva u uređaj za prečišćavanje postavljaju se sabirni šahtovi sa taložnikom.

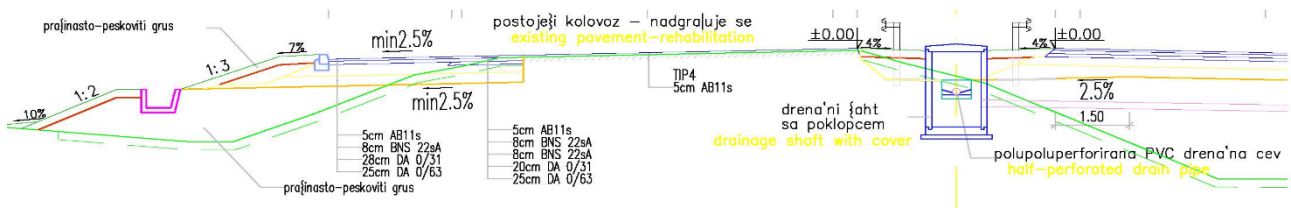
Betonski kanali su zahtevni za izvođenje, ali i održavanje ovih kanala i sistema zahteva dosta ručnog rada.

KORIDOR 10 E-75, Beograd – Niš – granica sa BJR Makedonijom, deonica Srpska kuća – Levosoje, km 934+354,72 do km 942+413,31

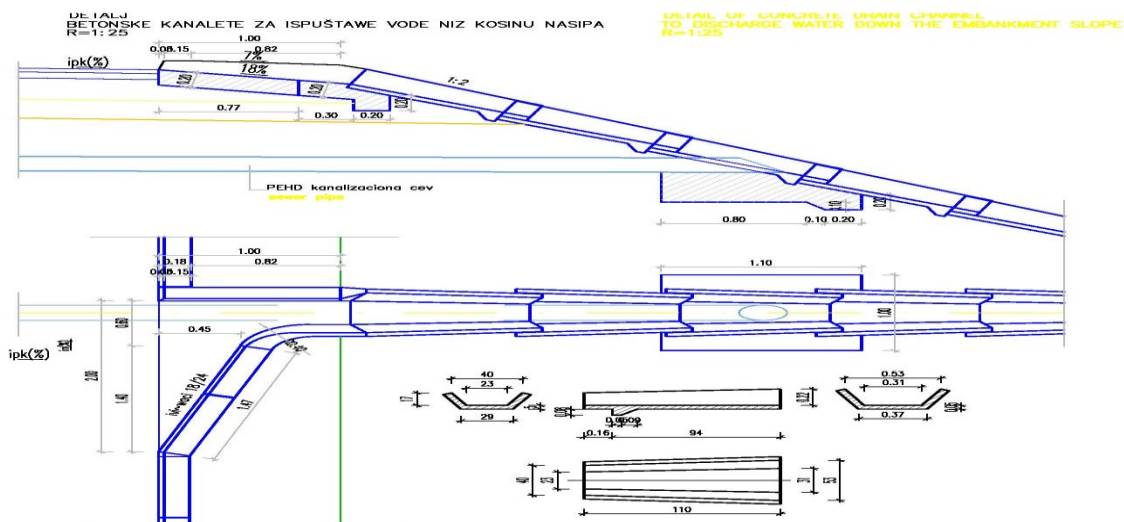
KORIDOR 11 I A2, E -763, Beograd – Južni Jadran – Sektor 1, deonica Obrenovac- Ub od km 14+416.09 do km 40+645

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA –  
UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI  
ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11**

Otvoreni kanali u poprečnom profilu autoputa predstavljaju čestu praksu odvodnjavanja kolovoza u Srbiji, prema sledećem modelu na Slici 1.



Slika 1. Poprečni profil auto puta sa otvorenim kanalom



Slika 2. Izgled brzotoka – korube, sa detaljima



Slika 3. Auto put E 75 Srpska Kuća – Levosoje: detalj bočnog izliva preko korube u otvoreni kanal, zaštita nasipa kamenom oblogom



*Slika 4. Primer Auto puta E 763 Obrenovac - Ub: Otvoreni betonski kanal sa problemom izlivanja*



*Slika 5. Primer Auto puta E 763 Obrenovac - Ub: Otvoreni betonski kanal*

Otvoreni kanali su objekti za koje je pri ugradnji obavezno postići tražene kriterijume kvaliteta betona i ispoštovati geometriju za ugradnju. Ovo se na našim gradilištima pokazalo kao težak zadatak. Da bi kanal bio u funkciji treba i nasip puta da bude kvalitetno uređen i održavan. U svakom slučaju sa nasipa se u kanalima taloži sva nepokupljena trava ili ukoliko nasip nije dobro zaštićen i zemljani materijali ili pesak. Sve to se zatim sprovodi ka separatorima. Ovo sve ukazuje na povezanost uređenja kompletnog objekta puta sa funkcionisanjem sistema za odvodnjavanje.

### **2.3 Kolektorska kanalizacija**

Ovaj vid odvođenja vode koristi se takođe često, ili u kombinaciji sa drugim sistemima. Voda teče kroz zatvorene kolektore gravitaciono, a tečenje u opsegu projektovanih protoka treba da bude sa slobodnom površinom. Dimenzije kolektora su definisane potrebnim količinama oticaja. Šahtovi su armirano betonski, na nekim deonicama postoje i primeri ugradnje plastičnih - polietilenskih i polipropilenskih šahtova sa gotovim cevnim izlazima. Ovo je posledica potrebe bržeg izvođenja radova, kao i sigurnosti na vododrživost.

Koriste se uglavnom plastične korugovane PVC ili PE cevi. Cevi se ugrađuju standardnim načinima na pesku, sa peskom iznad cevi i nabijanjem u slojevima pri zatrpavanju. Naročito je važno ispitivanje vododrživosti cevi i šahtova.

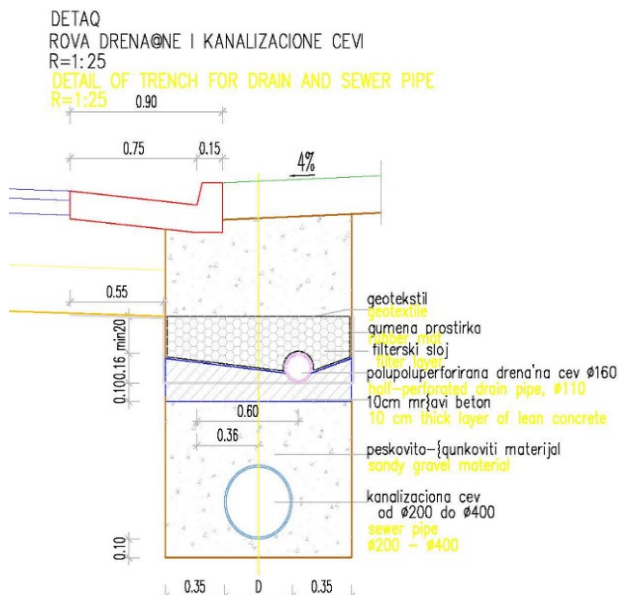
**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA –  
UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI  
ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11**



*Slika 5. Ispitivanje kanalizacionih cevi sa vazduhom*

Iako je ovo veoma oprezno rađeno, bilo je slučajeva da se cevi oštete prilikom izvođenja drugih pozicija, pa se javljaju procurivanja. Takođe betonski šahtovi su uglavnom vodopropusni, naročito spojevi ugradnje ulaza i izlaza cevi. Ovi problem su rešavani korektivnim malterima.

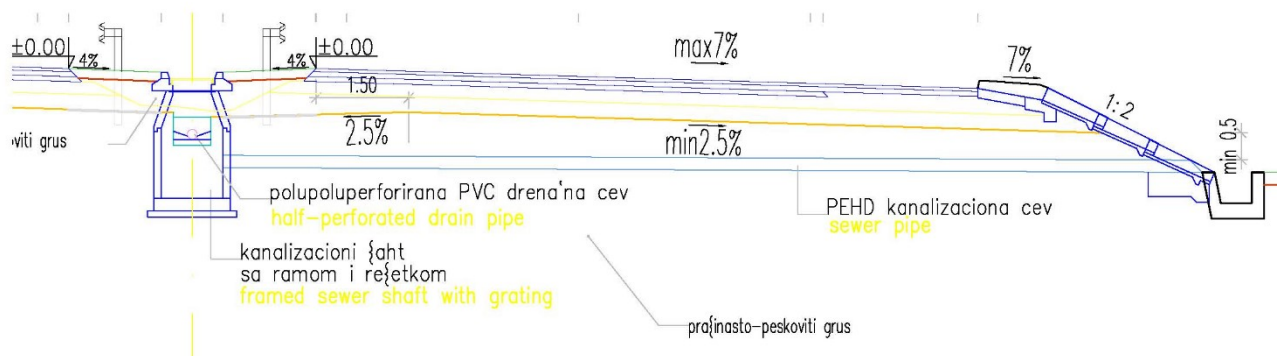
Kanalizacija se najčešće postavlja u bankinama ili u razdelnom pojasu, i može biti kao što je prikazano na donjoj Slici 6.



*Slika 6. Ugradnja kanalizacije i drenaže u razdelnom pojasu – detalji sa izvođenja*

**Kombinovano odvođenje vode otvorenim kanalima i kolektorskom kanalizacijom**

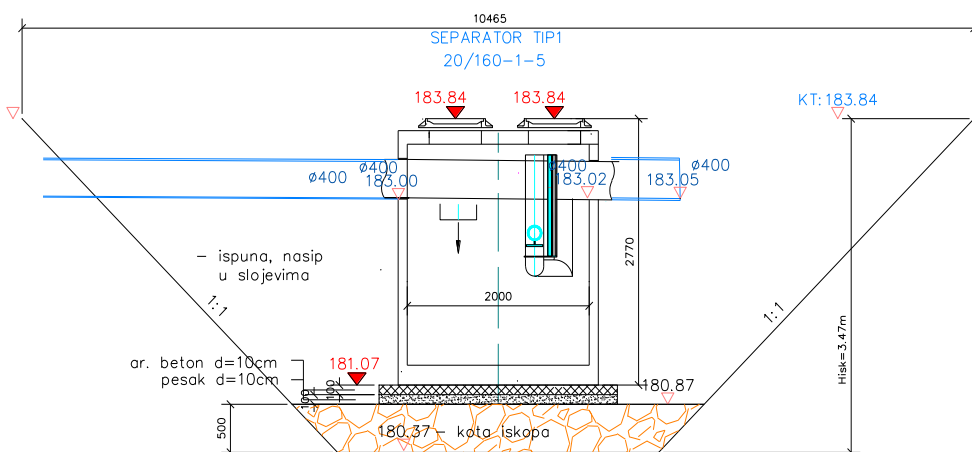
Ovo je sistem gde je kanalizacija u razdelnom pojasu, a otvoreni kanali po nožici i kosini nasipa.



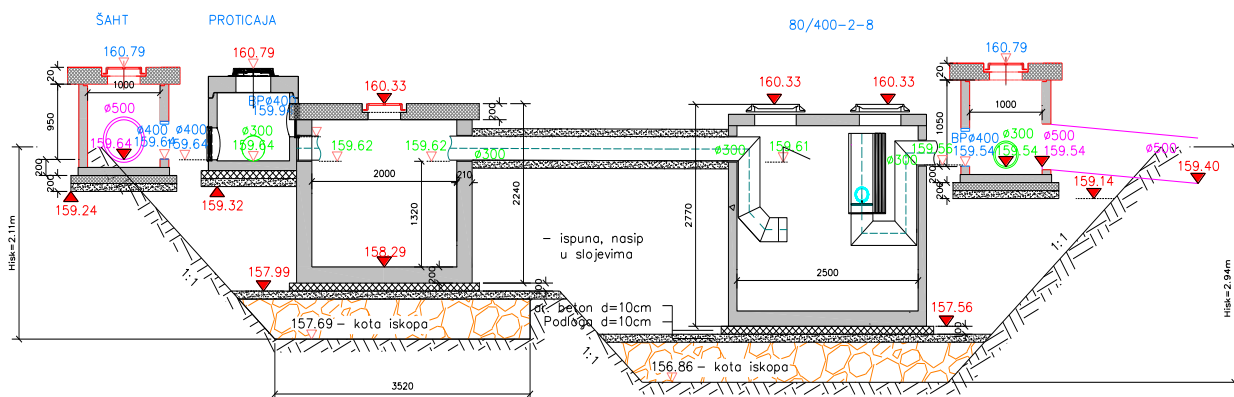
Slika 7. Poprečni profila autoputa, izliv u kanaletu u razdelnom pojasu i bočni izliv u otvoreni kanal

### 3. Uređaji za prečišćavanje – SEPARATORI

Uređaji za prečišćavanje (separatori) omogućavaju istaložavanja suspendovanog nanosa i taloga i odvajanje plivajućeg materijala (masti i ulja) sa specifičnom težinom manjom od specifične težine vode na površini unutar istog. Unutar postrojenja je smešten koalescentni filter sa funkcijom koncentracije masti i ulja. Separatori lakih naftnih derivata rade po principu gravitacije, bez dodavanja hemikalija ili upotrebe energije. Sastoji se iz dela za taloženje i dela sa koalescentnim filterom.



Slika 8. Separator sa integrisanim bajpasom Q= 20/160l/s



Slika 9. Separator sa taložnikom i eksternim bajpasom Q=80/400l/s



## ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA – UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11

Slučajna (incidentna) zagađenja najčešće nastaju zbog transporta opasnih materijala. Najčešće se radi o nafti i njenim derivatima, mada nije redak slučaj da dolazi i do havarija vozila koja transportuju vrlo opasne hemijske proizvode. Ono što u ovom slučaju predstavlja poseban problem je činjenica da se radi o gotovo trenutnim vrlo visokim koncentracijama koje se ni vremenski ni prostorno ne mogu predvideti. Ovakve situacije se moraju sveobuhvatno analizirati na vreme.

Ugradnjom separatora ova zagađenja se prihvataju i tako se povećava ekološka zaštita okruženja, ali je pitanje kapaciteta i efikasnosti u ovim slučajevima diskutabilno

Na lokacijama izlaska i ulaska u tunele postavljeni su rezervoari za prihvatanje zagađenih voda usled mogućeg incidenta. Separatori su proizvedeni prema evropskoj normi EN858-1. Postavljani su prema projektovanim kapacitetima sa nezavisnim i sa integrisanim bajpasom za evakuaciju velikih oticaja.

Nije bilo uniformnosti po pitanju ugradnje ovih uređaja. Ugrađivani su uređaji domaćih i stranih različitih proizvođača, različitih materijala i konstrukcija, kao i različitih oblika i dimenzija.

Ukupno ili sve zajedno, steklo se iskustvo o neusklađenoj građevinskoj praksi u ovom domenu, i svakako velikim problemima u domenu održavanja ovih sistema.

### 3. 1 Kapacitet separatora

Ugrađivani su separatori nominalnog kapaciteta od 10 do 130 l/s, različitih konstrukcija sa integrisanim ili eksternim bajpasom. Tako da imamo od 20/150 l/s, 50/250 l/s, 80/400 l/s do 130/1000 l/s.



Slika 11. Separator sa eksternim bajpasom  $Q=80/400$  l/s



*Slika 12. Separator sa eksternim bajpasom  $Q=130/1000$  l/s*

### **3.2 Gabariti uređaja i njihovo lociranje uz trasu autoputa**

Uređaji su uglavnom projektovani kao mali kružići na situacionom prikazu i po jedan detalj izgleda uređaja, bez ikakve povezanosti sa lokacijom ugradnje, a lokacija je data uz bankinu, tj. u nasipu puta.

Objekti navedenih kapaciteta su značajnih gabarita i zahtevaju posebnu razradu ugradnje u ukviru profila autoputa. Separatori su gabaritni objekti koji su uglavnom smešteni u bankinu.

U praksi su se lokacije separatora rešavale za svaki uređaj i lokaciju na licu mesta. Često je bilo značajnih pomeranja, radi nemogućnosti ugradnje.

Ovde su problemi brojni a svi negativno utiču na kompletne projekte, potom promenu dinamike izgradnje, a gotovo uvek ima i mnogo dodatnih radova. Dodatni radovi tokom izgradnje su uvek problem jer su opisi: nabavka, transport, ugradnja komplet sa ispitivanjem uređaja. Da bi se ovo postiglo najčešće se smanji kvalitet uređaja, što je naknadni problem i uzrok daljih problema i nedoumica.



*Slika 13. Auto put E 763 Obrenovac - Ub i primer ugradnje betonskih separatora  $Q=20/250$  l/s*

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA –  
UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI  
ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11**



*Slika 14. Na deonici E 763 Lajkovac - Ljig postavljanje betonskog separatora sa taložnikom*

Separatori su zahtevne građevine za ugradnju, veliki su gabariti i uglavnom se zaseca i nasip autoputa. Posebno je problematično kod većih kapaciteta separatora sa taložnikom. Dosta je zahtevno izgraditi i vodonepropusne i stabilne veze između samih taložnika i separatora, zbog različitih materijala cevi na izlasku iz uređaja i samih veza cevi.



*Slika 15. Postavljanje plastičnog i polietilenskog separatora na deonici E 763*



*Slika 16. Ugradnja plastičnog separatora u podzemnoj vodi E-763*

Ugrađivani su plastični separatori od polietilena, koji su zavisno od mesta ugradnje dodatno osiguravani od isplivavanja. Postoje primeri ugradnje i čeličnih separatora, koji su takođe morali da se osiguravaju od isplivavanja i dodatno zaštite od korozije. Ugrađivani su i betonski separatori, koji su se pokazali kao najjednostavniji za ugradnju. Nije bilo uniformnosti ni u obliku ni po konstrukciji separatora, ugrađivani su separatori sa posebnim baj-pasom, kao i sa integrisanim baj-pasom, okrugli ili pravougaoni.



*Slika 17. Na auto putu E 763 je ugrađen plastični separator sa izlivom u otvoreni kanal*

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA –  
UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI  
ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11**

Tokom izgradnje, pogotovu nepripremljene, bilo je i brojnih havarija na sistemima, kao na donjoj slici 18:



*Slika 18. Neuspašan pokušaj podizanja separatora zbog greške u postavljenoj koti*

Da bi se otklonili mogući rizici ovog sistema potrebno je kvalitetno izvođenje radova, kontrola i ispitivanje cevovoda, i ostalih objekata odvodnje, ugradnja kvalitetnih materijala.

**Preporuka je na osnovu dosadašnjeg iskustva da se detaljno razmotri sama mikro lokacija ugradnje separatora, da postoji prostor za uradnju, a da se ne narušava nasip autoputa. Postaviti separator velikog kapaciteta bez mogućnosti odvoda u recipijent je veoma rizično po nasip autoputa i okruženje.**

### **3.3 Odvođenje vode iz separatora i ispuštanje u recipijente**

Kao poseban problem prilikom izgradnje javlja je rešavanje odvoda iz separatora. Radi se o koncentrisanim izlivima, koji ako se ispuštaju u okruženje bez odvodnih kanala, dolazi do erozije i plavljenja zemljišta.

Projekti uglavnom nisu razrađivali ovaj problem, nego bi izliv iz separatora postavljali u okviru pojasa eksproprijacije ili propust. Ispustanje u recipijente je deo dopunskih projekata i tehničkih rešenja.



*Slika 19. Na auto putu E-80 je dat detalj izliva iz dva separtora i cevastog propusta*



*Slika 20. Na auto putu E-763 Obrenovac Ub je dat detalj izliva iz dva separtora u staraču Tamnave*

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA AUTOPUTA –  
UGRADNJA SEPARATORA ULJA I MASTI  
ISKUSTVA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11**



*Slika 21. Na auto putu E-763 je veliki problem bio izlivanje vode iz sistema tokom visokog nivoa podzemnih voda na deonici Obrenovac- Ub, maja mesec 2019. godine*

Za ovu lokaciju, koja je problematična zbog visokog nivoa podzemnih voda, a za separator ne postoji recipijent u blizini, predviđeno je bilo upojno polje - izgrađena je retezija obložena kamenom:



*Slika 22. Ista lokacija kao na sl.21. na auto putu E-763 na deonici Obrenovac- Ub sa retenzijom, u oktobru mesecu 2019. godine*



*Slika 23 Deonica auto puta E 75, Srpska kuća - Levosoje, ima problema sa potopljenim izlivom - ispustom*

Evidentno se vode sa kolovoza prikupljaju, nekad i previše vode se odvodi i izliva u okruženje koje te znatno povećane količine voda jednostavno ne prima. Mora se naglasiti da često ispusti i objekti za ispuštanje tih voda, mora biti prilagođeno lokalnim uslovima, kao što su: topografija, nagibi prirodnih terena i izgrađenih objekata...

**Predlog: ne sakupljati velike količine vode, planirati manje uređaje i manje količine vode za izlivanje, kad god je to topografskim, hidrotehničkim i ostalim podlogama i proračunima moguće.**

#### **3.4 Pristup korišćenju separatora u sistemu kanisanju kišnog oticaja**

Projektima uglavnom ova potreba nije ni razmatrana. Pri samoj izgradnji već je otežana ugradnja separatora, zbog nemogućnosti prilaza, jer se dinamika ugradnje uređaja uklapa sa završnim radovima asfalti i odbojne i zaštitne ograde.

**Predlog: Obavezno treba planirati servisni put. Ovaj put je potreban i zbog ostalih radova na trasi, zbog velike dužine radovi se preklapaju, pa se veoma često javljaju oštećenja izvedenih radova i usporena dinamika izgradnje.**

**Servisni put se često izgradi, najčešće prekasno, često tek pošto meštani ustanove da ne mogu da priđu svojim parcelama.**



#### **4. Održavanje sistema i separatora – umesto zaključka!**

Kao i sa ostalim delovima i elementima složenog kanalizacionog sistema, posebno je važno obezbediti mogućnost održavanja, kontrole i čišćenja separatora u toku eksploatacije, a kada je ikako moguće, i unapređenja sistema.

Održavanje uređaja je bitno i u vreme same izgradnje:



*Slika 24. Problem sa zatrpavanjem separatora materijalom sa nasipa*

Pri samoj eksploataciji, takođe, treba posebno posebno obratiti pažnju na ulive ili ispuste iz otvorenih kanala.

Ukoliko se ovi uređaji ne održavaju, oni gube funkciju, i šta više, postaju i sami izvori lokalnog zagađenja! Ima primera na nekim auto putevima gde su ugroženi separatori već 4-5 godina u eksploataciji, bez održavanja. Očigledno je da još nema uspostavljenog sistematskog efikasnog prihvatljivog održavanja, niti će se stvari popravljati same od sebe!?

Naprotiv, sa sve većim "šarenilom" u opremi i načinu funkcionisanja, stanje će biti sve gore i gore, a priroda će biti sve više zagađena: to se ne sme tolerisati, već se mora nešto uraditi.

**Predlog bi se sastojao u sledećem:**

**Potrebno je u programe redovnog održavanja auto puteva dodati pozicije planskog održavanja separatora. Takođe, treba planirati pored redovnog čišćenja, što je najčešće po uputstvu proizvođača na 6 meseci, ili češće, redovno kontrolisanje kvaliteta ispuštene vode i efekata u recipijentima.**

## 5. Dokumentacija

- Važeći Zakoni i Pravilnici:
- Zakon o vodama (Sl. Glasnik RS 30/10 i 93/12)
- Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađenja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica (Sl. Glasnik RS 60/94)
- Pravilnik o opasnim materijama u vodama (Sl. Glasnik RS 31/82)
- Pravilnik o načinu i minimalnom broju ispitivanja kvaliteta otpadnih voda (Sl. Glasnik SRS 13/84)
- Zakon o zaštiti životne sredine (Sl. Glasnik RS 135/04 i 36/09)
- Pravilnik o analizi uticaja objekata odnosno radova na životnu sredinu (Sl. Glasnik RS 61/92)
- Uredba o dozvoljenim emisijama i tretmanu otpadnih materija sa puteva (EU standard EN 858-1)
- Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu (Sl. Glasnik RS 101/05)
  
- KORIDOR 10 E-75, Beograd – Niš – granica sa BJR Makedonijom, deonica Srpska kuća – Levosoje, km 934+354,72 do km 942+413,31
- KORIDOR 11 I A2, E -763, Beograd – Južni Jadran – Sektor 1, deonica Obrenovac- Ub od km 14+416.09 do km 40+645

# PROCENA EMISIJE CO<sub>2</sub> GRAĐEVINSKIH MATERIJALA I GENERISANOG GRAĐEVINSKOG OTPADA NA KORIDORU 10 PRIMENOM SOFTVERA *openLCA*

<sup>1</sup>Nikola Karanović,

<sup>1</sup> ARUP, 11000 Beograd, Nikola.Karanovic@arup.com

## Rezime

*Procena uticaja građevinskog materijala i građevinskog otpada na životnu sredinu veoma je važna u kontekstu cirkularne ekonomije i održivog razvoja. U ovom radu predstavljena je analiza životnog ciklusa (LCA) u vidu emisije CO<sub>2</sub> na životnu sredinu koristeći podatke o količinama iskorišćenog građevinskog materijala i količinama generisanog građevinskog otpada (u najvećem delu inertnog materijala) primenom metode IPCC 2013 i *openLCA* softvera u okviru projekta „Koridor 10“. Koridor 10 predstavlja jedan od kapitalnih projekata u Srbiji i regionu. Analiza se odnosi na putnu infrastrukturu. U radu su korišćeni podaci iz studije o trasi koridora 10, u kojoj su predstavljene sve građevinske aktivnosti i podaci koji se odnose na građevinske materijale i građevinski otpad. Analiza koja se odnosi na procenu uticaja građevinskih materijala i građevinskog otpada u formi emisije CO<sub>2</sub>, čime se doprinosi podacima i podizanju svesti o principima cirkularne ekonomije.*

**Ključne reči:** *Građevinski otpad, životna sredina*

## 1. Uvod

Procena je da se u Evropskoj Uniji (EU) generiše oko 850 miliona tona građevinskog otpada godišnje, što predstavlja 31% ukupne količine generisanog otpada [1]. U okviru Evropske Unije nije objavljena posebna direktiva koja se odnosi na ovu vrstu otpada, samo se u okvirnoj direktivi o otpadu 2008/98/EU spominju mere koje su u korelaciji sa građevinskim otpadom. Prema ovoj direktivi, predviđeno je da do 2020. godine ponovnu upotrebu, reciklažu i revitalizaciju materijala (uključujući i postupke nasipanja terena) treba povećati na najmanje 70% po masi, ne uključujući materijal od iskopa.

## 2. Građevinski otpad

Materijali koji zaostanu na lokalitetu neposredno po završetku izgradnje ili rušenja građevinskih ili infrastrukturnih objekata, mogu se smatrati građevinskim otpadom.

Ovakve materijale teže je preraditi u smislu njihove ponovne upotrebe u građevinarstvu, što je nametnuto, između ostalih faktora i visokim troškovima. Tako, npr. otpadni materijal koji se generiše prilikom uklanjanja asfaltnog puta, može biti upotrebljen za izgradnju drugog asfaltnog puta. Jedini zahtev koji se postavlja pred građevinski otpad koji će biti ponovo upotrebljen, jeste da se obezbedi njegova inertnost sa stanovišta uticaja na životnu sredinu, zbog čega ga, prema potrebi, treba podvrgnuti odgovarajućem tretmanu.

Reciklaža građevinskog otpada u vidu dobijanja materijala koji se mogu ponovo upotrebiti obuhvata sortiranje otpada, koje se može raditi u toku same izgradnje ili rušenja građevinske infrastrukture, a zatim i tretman svake od komponenti shodno svojstvima i potencijalnim oblastima primene. Metode reciklaže svakog od materijala građevinskog otpada nalaze se na prvom mestu među svim činiocima koji su od suštinske važnosti za tretman građevinskog otpada, kako sa stanovišta njihove praktične izvodljivosti, tako i sa stanovišta njihove ekonomske opravdanosti. Tako, na primer, među kompanijama koje se bave reciklažom građevinskog otpada, drvo predstavlja najčešće potraživani građevinski materijal, pre svega zahvaljujući mogućnostima njegovog korišćenja u svojstvu energenta. Za neke druge materijale, poput metala i njegovih legura, već postoji razrađeno svetsko tržište za proizvode dobijene od recikliranih materijala. Sa druge strane, prerađeni beton ima, kako ograničeno tržište, tako i ograničenu oblast primene [2].

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: nikola.karanovic@arup.com

## 2.1 Materijal od iskopa kao potencijalni resurs

Ovaj materijal nastaje prilikom iskopavanja temelja za razne građevinske objekte i njegov sastav može biti krajnje heterogen, sa sadržajima poput organskog zemljišta, ilovače, šljunka, peska, starog građevinskog otpada. Osnovna namena ovog materijala jeste zatrpavanje jama u zemlji preostalih po iskopavanju peska, šljunka i drugih građevinskih materijala. Materijal koji ne sadrži primese kojima bi se stvarno ili potencijalno zagadilo zemljište ili podzemne vode može se direktno upotrebiti. Time se, u stvari, doprinosi oporavku lokaliteta i vraćanju izgleda sredine u prvobitno stanje. Zanimljivo je verovatnoća da će se iskopani materijal koji je iskorišćen za zatrpavanje jama ikada više koristiti, ali i pored toga se smatra da se njegovom upotrebom u operacijama revitalizacije zemljišta i obnove lokaliteta njegov ciklus građevinskog materijala zatvara. Iskopani materijal se gotovo uvek direktno upotrebljava, bez potrebe za sortiranjem.

## 3. Građevinska industrija i životna sredina

Konvencionalni građevinski sektor je jedan od najvećih potrošača sirovina. Procenjuje se da, na globalnom nivou, građevinski objekti troše:

- 50% svih resursa,
- 45% energije, za grejanje, hlađenje i osvetljenje zgrada, i 5% tokom izgradnje,
- 40% vode za sanitarne i druge namene,
- 60% poljoprivrednog zemljišta,
- 70% drvnih proizvoda.

Mnogi sadašnji građevinski materijali koji se koriste u izgradnji, dobijeni su industrijskim putem (cement, čelik, aluminijum, pesak, kamen, glina i nafta), gde u mnogome rezultiraju štetnim efektom po životnu sredinu i biodiverzitet.

Globalne godišnje emisije ugljenika kao posledica izgradnje građevinskih objekata su dostigle svoj vrhunac, barem privremeno, na oko 9.5 gigatona CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>) u 2013. godini, a zatim se smanjile na 9.0 GtCO<sub>2</sub> u 2016. godini. Energetski intenzitet građevinskog sektora (u smislu potrošnje energije po m<sup>2</sup>) nastavlja da se poboljšava sa godišnjom stopom od oko 1.5%. Pariski sporazum označio je prekretnicu u vidu poziva na ograničavanje globalnog zagrevanja. Brzom implementacijom energetski-efikasnih i nisko-karbonskih rešenja u građevinskom sektoru može se unaprediti održivost u sektoru građevinarstva. Potencijal za uštedu energije i emisija u građevinskom sektoru ostaje u velikoj meri neiskorišćen zbog stalne upotrebe manje efikasnih tehnologija, uz nedostatak efikasne politike i slabih investicija u održive infrastrukturne objekte. Izbor i ponašanje potrošača takođe igraju ključnu ulogu. Ipak, energetski-efikasni, nisko-karbonski proizvodi već su dostupni na mnogim tržištima [3].

## 4. Cilj rada

Cilj ovog rada predstavlja kvantitativnu i uporednu analizu emisija CO<sub>2</sub> kao posledice upotrebljenog građevinskog materijala i građevinskog otpada u okviru projekta „Koridor 10“. U skladu sa principima cirkularne ekonomije, jedan od ciljeva jeste i podizanje svesti o iskorišćenju otpada (u vidu ponovne upotrebe ili reciklaže), kako bi se došlo do najboljeg mogućeg rešenja koje zadovoljava aspekte životne sredine.

## 5. Studija slučaja – Koridor 10

Koridor 10 je jedan od najvažnijih pan-evropskih saobraćajnih koridora koji prolazi kroz Srbiju i povezuje Austriju, Mađarsku, Sloveniju, Hrvatsku, Srbiju, Bugarsku, Makedoniju i Grčku. Ovim projektom transportni sistem Republike Srbije postaje kompatibilan sa transportnim sistemom Evropske Unije, sa tendencijom dalje modernizacije kako bi Republika Srbija bila spremna da se pridržava standarda Evropske Unije u oblasti transporta. Realizacijom ovog važnog projekta doći će do opšteg ubrzanja tranzitnog saobraćaja, unaprediće se nivo usluge, olakšaće se međunarodni trgovinski tokovi i transport putnika. Kada se završi, novi auto-put imaće pozitivan uticaj na komercijalne i trgovinske aktivnosti u regionu i doprineće regionalnom razvoju i koheziji šireg područja Balkana.

Projekat „Koridor 10“ smatra se jednim od kapitalnih projekata u Republici Srbiji. „Koridor 10“ uključuje izgradnju 160 kilometara autoputa južno od Niša - Sekcija E80 od Proseka do granice sa Bugarskom u Dimitrovgradu i E75 - od Grabovnice do Levosolja.

U okviru projekta „Koridor 10“ iskorišćeno je :

- Iskopano je 17267000 m<sup>3</sup> ili 24864480 tona zemljišnog materijala (materijal od iskopa),
- 1450000 m<sup>3</sup> ili 3494500 tona betona,
- 82500 t čelika,
- 13581000 m<sup>2</sup> ili 339525 tona asfalta,

## 6. Metodologija

Ovo istraživanje predstavlja kvantitativnu i uporednu analizu građevinskih materijala i otpada u okviru projekta „Koridor 10“ i njihovog uticaja na životnu sredinu. Zbog pregleda raspoloživih kapaciteta, koristili su se podaci iz postojećih planova „Koridora 10“. Dati podaci su iskorišćeni u svrhu izračunavanja direktnih i indirektnih efekata u određenom vremenskom horizontu koji je rezultat emisije jedinične mase gasa u vezi sa nekim referentnim gasom (GWP<sub>100a</sub>), u ovom slučaju izračunata je emisija CO<sub>2</sub> koristeći metodu IPCC 2013 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Funkcionalna jedinica u ovom slučaju je bio 1 kg analiziranog građevinskog materijala i građevinskog otpada. Prilikom analize, korišćena je *Ecoinvent 3.2* baza podataka, kako bi se preuzele referentne vrednosti koje se odnose na analizirane građevinske materijale i građevinski otpad. Referentne vrednosti su iskorišćene u procesu izračunavanja emisije CO<sub>2</sub> u softveru *openLCA*. Obzirom da su podaci koji se odnose na količine betona, čelika i asfalta bili dostupni iz postojeće literature projekta „Koridor 10“, urađena je analiza samo ova tri materijala.

### 6.1 Analiza životnog ciklusa (LCA)

Analiza životnog ciklusa (LCA) je analitički instrument koji postavlja okvir za analizu uticaja proizvoda na životnu sredinu. Standardi ISO 14040 i 14044 daju principe, okvire, zahteve i uputstva za sprovođenje postupka ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i/ili usluga. Osnovni cilj procene uticaja jeste da se identifikuju i uspostave veze između životnog ciklusa proizvoda i usluga i potencijalnih uticaja na životnu sredinu [4].

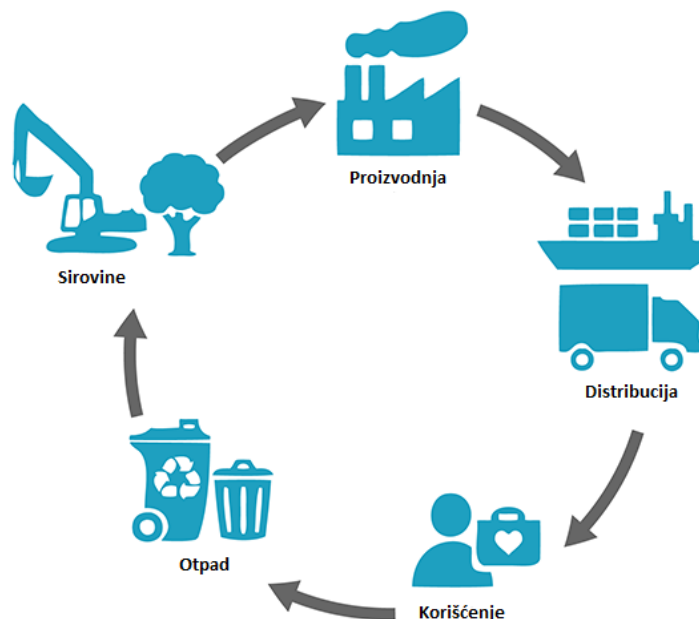
LCA proučava aspekte zaštite životne sredine i moguće uticaje na životnu sredinu (npr. korišćenje resursa i posledice emisija zagađujućih komponenti po životnu sredinu), tokom celokupnog životnog veka proizvoda od ekstrakcije sirovina, preko proizvodnje, upotrebe i postupanja na kraju životnog veka, recikliranja i konačnog odlaganja.

LCA kao alat može da pomogne prilikom:

- Identifikacije i uticaja u sklopu aktivnosti (npr. emisija gasova staklene bašte),
- Obezbeđivanja svih aspekata životne sredine kroz ceo životni ciklus (npr. podjednako razmatranje emisija u vazduh, vodu i zemlju tokom izgradnje, rada i stavljanja van pogona postrojenja),
- Identifikacije mogućnosti za poboljšanje ekonomskih i performansi životne sredine različitih tehnologija, projekata, proizvoda i usluga,
- Efikasnije komunikacije sa različitim učesnicima koji su zainteresovani za informacije o eventualnim posledicama projekata i tehnoloških opcija (npr. proces izrade LCA zahteva učešće različitih zainteresovanih strana, čime se uspostavlja komunikacija i obezbeđuje informisanost o punom uticaju i/ili koristima koje određene promene ili novi proizvodni procesi i proizvodi donose).

Takođe, LCA može da pomogne i prilikom:

- Utvrđivanja mogućnosti za poboljšanje zaštite životne sredine od uticaja proizvoda u različitim fazama njihovog životnog ciklusa,
- Informisanja različitih ciljnih grupa koje odlučuju u industriji, vladi i nevladinim organizacijama (npr. u cilju strateškog planiranja, utvrđivanju prioriteta, projektovanju ili izmeni projekta za proizvode ili procese),
- Izbora odgovarajućih pokazatelja (indikatora) učinka zaštite životne sredine, uključujući i postupke merenja zagađenja.



Slika 1. Analiza životnog ciklusa (LCA) (The LCA Centre, 2019)

## 6.2 OpenLCA softver

*OpenLCA* softver predstavlja softver za procenu životnog ciklusa (LCA) i procenu održivosti određenog sistema. *OpenLCA* softver se može koristiti za više različitih aplikacija, kao što su:

- LCA analiza, troškovi životnog ciklusa (LCC), procena društvenog životnog ciklusa (S-LCA),
- Vodeni i karbonski otisci,
- Deklaracija o ekološkim proizvodima (EPD),
- Integrisana politika proizvoda (IPP).

## 7. Rezultati

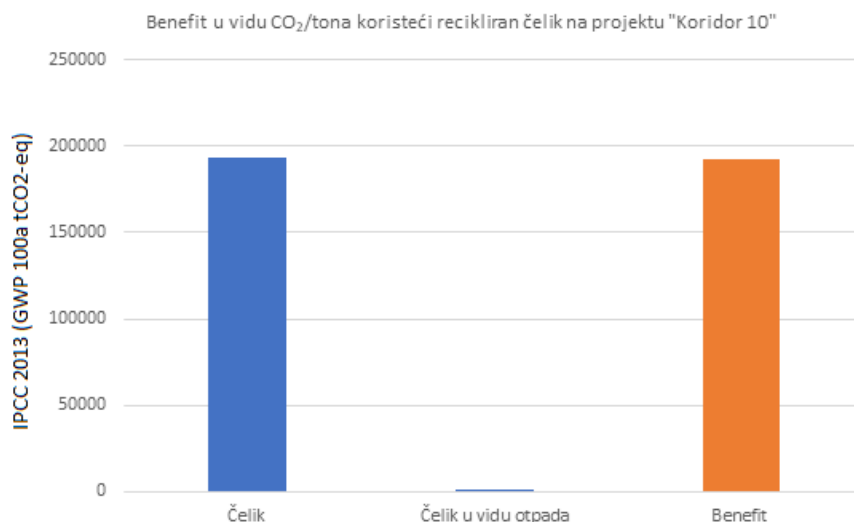
U ovom poglavlju, predstavljeni su rezultati analize betona, čelika i asfalta u vidu emisija CO<sub>2</sub> koristeći metodu IPCC 2013. Materijal od iskopa (zemljišni materijal) nije analiziran, obzirom da se smatra resursom i nije podložan reciklaži u ovom slučaju. U tabeli 1., predstavljeni su jedinični faktori emisija i emisije CO<sub>2</sub> upotrebljenog betona, čelika i asfalta.

Tabela1. Jedinični faktori emisija za analizirane materijale i izračunate emisije CO<sub>2</sub> u tonama koje se odnose na projekat „Koridor 10“ (Ecoinvent database 3.2)

Materijal	Čelik	Čelik u vidu otpada	Asfalt	Asfalt u vidu otpada	Beton	Beton u vidu otpada
IPPC 2013 (GWP 100a kg CO <sub>2</sub> .eq)	2.346	0.0086	0.2897	0.02024	229.7	0.01329
Izračunate vrednosti (tCO <sub>2</sub> )	193545	710	98360	6872	802686650	46442

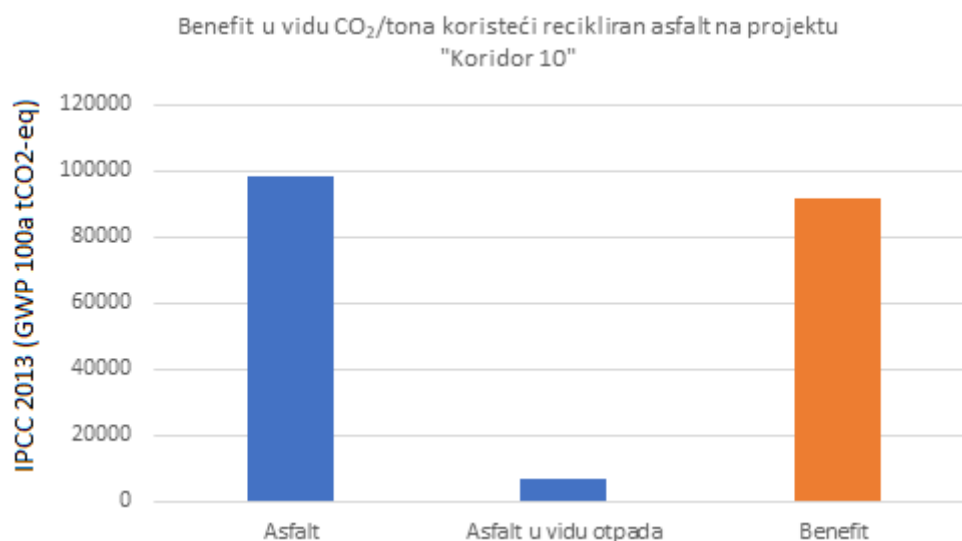
Na osnovu tabele 1., može se videti da je u okviru projekta “Koridor 10“ (početak projekta 2011) emitovano 802686650 tona CO<sub>2</sub> koji se odnosi na beton, 98360 tona CO<sub>2</sub> koji se odnosi na asfalt i 193545 tona CO<sub>2</sub> koji se odnosi na čelik.

Obzirom da su čelik, asfalt i beton skoro 100% reciklabilni, poštujući principe cirkularne ekonomije, na slikama 2., 3. i 4. predstavljeni su benefiti po životnu sredinu analizirajući emisije CO<sub>2</sub> u vidu recikliranih materijala kao supstituenata građevinskim materijalima dobijenim iz primarne proizvodnje.



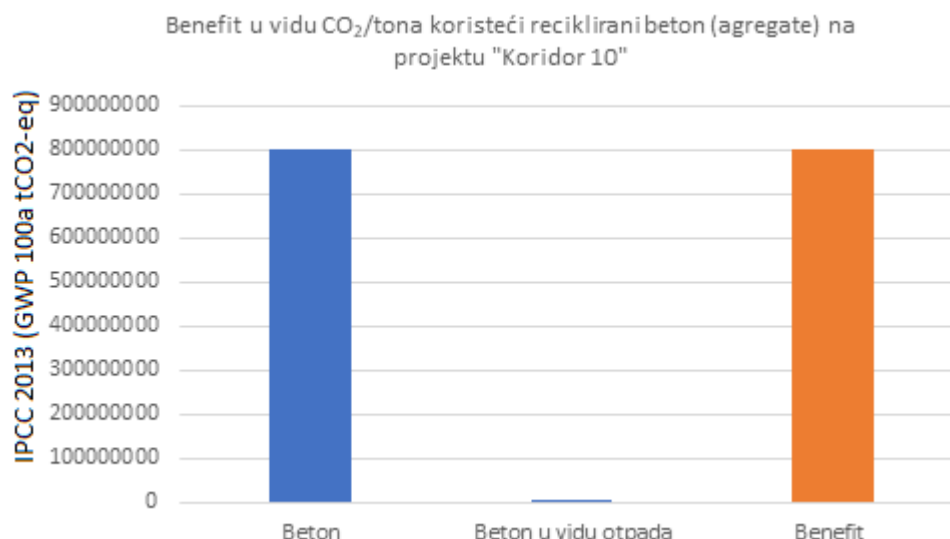
**Slika 2.** Benefit u vidu emisija tCO<sub>2</sub> koristeći recikliran čelik na projektu "Koridor 10"

Na slici 2., predstavljen je benefit (narandžasta boja) po životnu sredinu u pogledu korišćenja recikliranog čelika analizirajući emisije tCO<sub>2</sub> u odnosu na korišćenje čelika iz primarne proizvodnje (plava boja) na projektu „Koridor 10“, i iznosi 192835 tona CO<sub>2</sub>, što znači da bi primenom recikliranog čelika na projektu „Koridor 10“ smanjili emisiju CO<sub>2</sub> za 192835 tona.



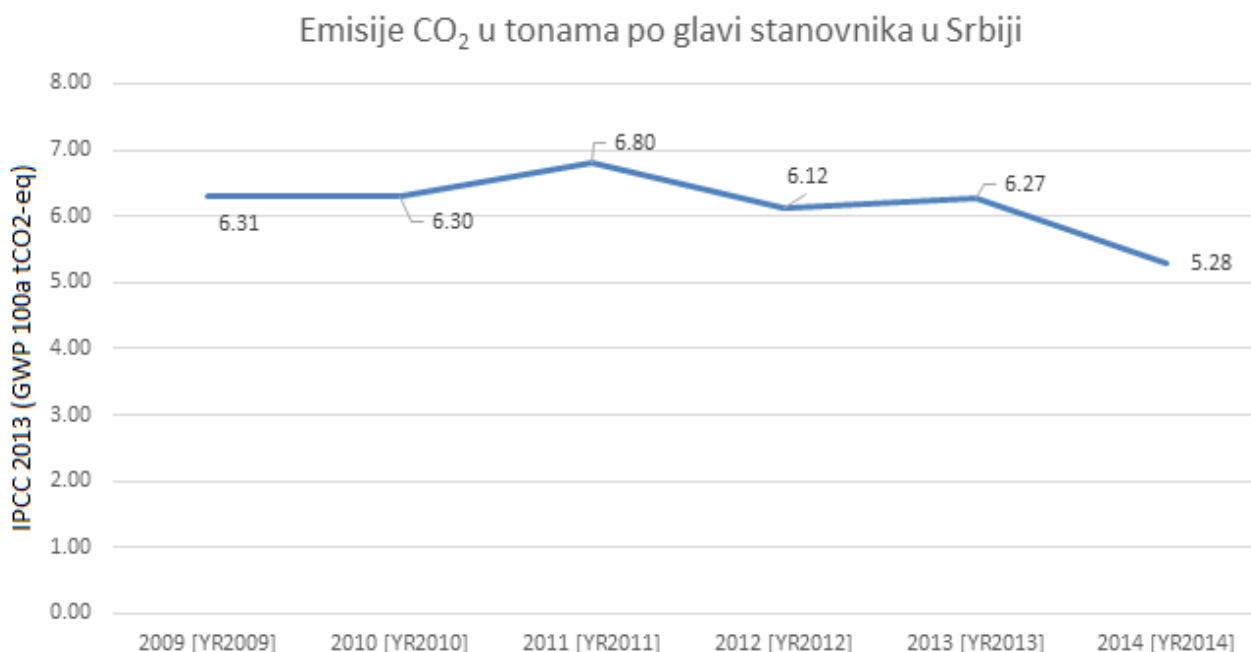
**Slika 3.** Benefit u vidu emisija tCO<sub>2</sub> koristeći recikliran asfalt na projektu "Koridor 10"

Slika 3. predstavlja prikaz benefita po životnu sredinu u pogledu redukcije tCO<sub>2</sub> ukoliko bi se na projektu „Koridor 10“ koristio reciklirani asfalt, umesto asfalta iz primarne proizvodnje, i iznosi 91488 tCO<sub>2</sub>, i kao i u slučaju čelika, primenom recikliranog asfalta na projektu „Koridor 10“ smanjili bi emisiju CO<sub>2</sub> za 91488 tona.



**Slika 4.** Benefit u vidu emisija tCO<sub>2</sub> koristeći recikliran beton na projektu "Koridor 10"

Slika 4. predstavlja prikaz benefita po životnu sredinu u vidu redukcije tCO<sub>2</sub> ukoliko bi se na projektu „Koridor 10“ koristio reciklirani beton (agregati). Što se tiče betona, reciklirani beton u vidu agregata je moguće koristiti u proizvodnji betona, iako u okviru same proizvodnje betona, proizvodnja cementa predstavlja jednog od najvećih zagađivača životne sredine. U ovom slučaju, analiza tCO<sub>2</sub> betona je predstavljena empirijski (pod pretpostavkom da se beton dobijen od materijala iz primarne proizvodnje supstituiše recikliranim betonom u potpunosti). Ukoliko bi se upotrebio reciklirani beton (100%) na projektu "Koridor 10", emisija CO<sub>2</sub> bi bila smanjena za 802640208 tona.



**Slika 5.** Emisije tCO<sub>2</sub> po glavi stanovnika u periodu 2009-2014 (World Bank, 2019)

Ukoliko dobijene vrednosti za emisije tCO<sub>2</sub> predstavimo na godišnjem nivou od početka projekta "Koridor 10" (2011.-2019. godine), pa do sada, izračunato je da je prosečna emisija tCO<sub>2</sub> iznosila 14.3 tone CO<sub>2</sub> po stanovniku Republike Srbije. Na slici 5., predstavljeni su izmereni rezultati emisije tCO<sub>2</sub> u periodu od 2009. godine do 2014. godine u Republici Srbiji [5].

Poredeći vrednosti tCO<sub>2</sub> po glavi stanovnika predstavljene na slici 5. i vrednosti dobijene sa projekta "Koridor 10", može se zaključiti da je sam projekat „Koridor 10“ emitovao 2 puta više tCO<sub>2</sub> po glavi stanovnika na godišnjem nivou nego Republika Srbija u celini.



## 8. Zaključak

Ovo istraživanje uzima u obzir kvantitativnu i komparativnu analizu građevinskih materijala i otpada primenom *openLCA* softvera, na osnovu koje se može zaključiti da upotreba recikliranih građevinskih materijala predstavlja benefit za životnu sredinu kako u pogledu smanjenja emisija CO<sub>2</sub>, tako i očuvanjem prirodnih resursa. Kako bi se opravdale koristi EU zakonske regulative koja se odnosi na otpad, trebalo bi napraviti mnogo dublju analizu uticaja otpada na životnu sredinu. Uzevši u obzir principe cirkularne ekonomije, zamena sirovina iz primarne proizvodnje recikliranim, bi bila poželjnija opcija, što je i dokazano u ovom radu. Da bi se stimulisala upotreba ili reciklaža otpada, postoji potreba za krajnjim tržištima. Takođe, nedostaju informacije i podaci koji ukazuju na tokove i zalihe građevinskog otpada u Srbiji. Ovo istraživanje je početni korak za dalju analizu koja se odnosi na građevinske materijale i građevinski otpad u okviru infrastrukturnih projekata. Detaljnijim istraživanjima koja se odnose na građevinski otpad, bilo bi moguće napraviti bolje sisteme za upravljanje otpadom.

## Reference

### Časopisi i studije:

- [1] ETC/SCP, (2009). *“EU as a recycling society - present recycling levels of municipal waste and construction & demolition waste in the EU”*, European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, Copenhagen.
- [2] Karanovic N., (2008). *“Građevinski otpad”*, Master Teza, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad 2008.
- [3] UNEP, (2017). *“Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector”*, Global Status Report, 2017.
- [4] ISO. (2006a). *„Environmental Management - Life Cycle Assessment-Principles and Framework“*, Second edition; ISO 14040; 2006-07-01; ISO: Geneva.
- [4] ISO. (2006b). *„Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines“*, First edition; ISO 14044; 2006-07-01; ISO: Geneva.
- [5] World Bank, accessed 2019.

### Internet:

- The LCA Centre, accessed 2019.
- Ecoinvent database 3.2, accessed 2019.

Nikola Karanović

Procena emisije CO<sub>2</sub> građevinskih materijala i generisanog građevinskog otpada na Koridoru 10 primenom softvera *openLCA*

# UPRAVLJANJE VIŠKOM ZEMLJE IZ ISKOPA - PRAKSA, PROBLEMI I POTREBNA REŠENJA ZA USKLAĐIVANJE SA MEĐUNARODNOM PRAKSOM I PRINCIPIMA CIRKULARNE EKONOMIJE

**Miloš Despotović**

Diplomirani građevinski inženjer,  
Arup, Kneginje Zorke 77, Beograd, Srbija  
milos.despotovic@arup.com

**Rezime:** Na putu priključenja Evropskoj uniji Srbiju kroz pregovaračko Poglavlje 27 – Životna sredina očekuje težak i skup put usklađivanja sa EU regulativom i dobrom međunarodnom praksom. Ovaj proces treba da obuhvati i uređenje oblasti upravljanja otpadom, koja uključuje i građevinski otpad koji se javlja kao rezultat intenzivnih ulaganja u infrastrukturne projekte. Specifičan deo ove oblasti predstavlja i nekontaminirani višak zemlje iz iskopa, koji se usled nedovoljno jasno definisane zakonske regulative, neadekvatnog planiranja i pripreme projekata, nedostatka praktičnog znanja i svesti o mogućnostima ponovne upotrebe ovog materijala kao resursa, kao i nedostatka odgovarajućih lokacija za privremeno i trajno odlaganje ove vrste materijala, sve češće javlja kao problematičan za realizaciju projekata i za životnu sredinu usled povezanih negativnih uticaja. U ovom radu autor daje kratku analizu pomenutih problema, i pokušava da kroz prizmu dosadašnjeg iskustva i primera dobre međunarodne prakse predstavi svoje viđenje ovog problema, mogućih rešenja, kao i mera potrebnih za postizanje boljeg upravljanja i ponovnog korišćenja viška zemlje iz iskopa, koji bi bili u skladu sa principima cirkularne ekonomije.

**Ključne reči:** Životna sredina, otpad, resurs, višak zemlje iz iskopa, deponija

## MANAGEMENT OF EXCESS SOIL – PRACTICE, PROBLEMS AND NECESSARY SOLUTIONS FOR HARMONIZATION WITH INTERNATIONAL PRACTICE AND THE PRINCIPLES OF CIRCULAR ECONOMY

**Miloš Despotović**

Civil engineer  
Arup, Kneginje Zorke 77, Belgrade, Serbia  
milos.despotovic@arup.com

**Abstract:** On the road of accession to the European Union, as a part of Chapter 27 -The Environment, difficult and expensive work on harmonization with the EU regulations and good international practice awaits the Republic of Serbia. This process should include regulation of waste management, including construction waste occurring as a result of increased investments in infrastructure projects. A specific part of this topic is uncontaminated excess soil which often appears to be problematic for implementation of projects and also for the environment due to the associated negative impacts, caused by insufficiently defined legal regulations, inadequate planning and preparation of projects, lack of practical knowledge and awareness about the possibilities for reuse of this material as a resource, as well as the lack of suitable locations for temporary and permanent disposal of this type of material. In this paper, based on his experience and good international practice examples, the author provides a brief analysis of mentioned problems and tries to present his view on this topic and suggest possible solutions and necessary measures for achieving better management and reuse of excess soil, in line with the principles of circular economy.

**Keywords:** Environment, waste, resource, excess soil, landfill

### 1. UVOD

Višak zemlje iz iskopa nije retka pojava tokom infrastrukturnih projekata i sve češće se javlja kao problematičan za investitore i izvođače. Najčešće se javlja kao posledica izvođenja projekata na teškim terenima koji zahtevaju veliku količinu iskopa (izgradnja tunela), projektnih izmena nakon već otpočetih radova, kao posledica loših projekata i neadekvatnog balansa masa, ali i kao rezultat neadekvatnog upravljanja ovom vrstom otpada (resursa). Međutim, ovom aspektu projekata se pridaje veoma malo pažnje, iako iskustvo pokazuje da potencijalni problemi koji proizilaze iz neadekvatnog upravljanja viškom zemlje mogu da proizvedu značajne posledice, uključujući neplansko zauzimanje prostora, dodatne radove, transport, mikrolokacijske uticaje na životnu sredinu i lokalnu zajednicu, kao i sveobuhvatno povećanje troškova i neadekvatno trošenje

resursa. Takođe, u ne malom broju slučajeva nabrojane probleme izaziva i nedostatak sistemskih rešenja vezanih za upravljanje otpadom, poput nepotpune zakonske regulative, nedovoljnog broja dostupnih deponija i malog broja kompanija koje se bave otkupom, transportom, tretiranjem otpada i ponovnom upotrebom istog.

Ovaj rad se bavi ukazivanjem na probleme i važnost adekvatnog upravljanja i tretmana viška zemlje iz iskopa tokom infrastrukturnih projekata na gradilištima u Srbiji. U skladu sa globalnom inicijativom i trendovima, jedan od ciljeva ovog rada jeste i podizanje svesti o ovoj vrsti otpada, kako bi se došlo do najboljeg mogućeg rešenja koje zadovoljava kako aspekte životne sredine, tako i ekonomske aspekte. Efikasnije upravljanje otpadom doprinelo bi i ekonomiji Republike Srbije, pre svega naplaćivanjem taksi za zagađivanje životne sredine, naplaćivanjem taksi za odlaganje otpada na deponije, naplaćivanjem eko-naknade za specifične proizvode, ali i ponovnim korišćenjem viška zemlje iz iskopa u građevinarstvu i drugim oblastima.

## 2. TRENUTNO STANJE I PRELAZAK SA LINEARNOG MODELA NA PRINCIPE CIRKULARNE EKONOMIJE

### 2.1. Zakonske odredbe

Zakon o upravljanju otpadom definiše u članu broj 5, paragraf 17 da “otpad jeste svaka materija ili predmet koji držalac odbacuje, namerava ili je neophodno da odbaci”, pa je samim tim dalje svrstava kroz Katalog otpada Republike Srbije, pripremljen od strane Agencije za zaštitu životne sredine za potrebe Ministarstva zaštite životne sredine i prostornog planiranja, u kategoriju 17 05 - “zemlja (uključujući i zemlju iskopanu sa kontaminiranih lokacija), kamen i iskop”. Međutim, zakonska regulativa ne definiše odvojeno i jasno dalji postupak odlaganja ove vrste otpada, odnosno eventualnog načina formiranja deponija viška zemlje iz iskopa, što otežava dalje upravljanje kao i sistemski pristup rešavanju problema. Takođe, prema važećoj zakonskoj regulativi višak zemlje se uvek tretira kao otpad (materija koju držalac odbacuje) i nema daljih odredbi koje bi uputile na dalji postupak pretvaranja ove vrste otpada u resurs. Usled toga, u praksi se vrlo često dešava da višak zemlje ostane i van okvira otpada i van okvira resursa, završavajući na neuređenim tj. divljim deponijama na često nepoznatim lokacijama, prouzrokujući negativne posledice i uticaje po okruženje, kao i neadekvatno trošenje nečega što se u dobroj međunarodnoj praksi smatra vrednim resursom.

### 2.2. Cirkularna ekonomija

Cirkularna ekonomija predstavlja pristup koji povezuje i integriše ekonomiju i sistem upravljanja otpadom. Trenutni model koji koristi većina država i kompanija podrazumeva korišćenje resursa naše planete kako bi se proizvelo što više proizvoda od kojih će najveći deo, nažalost, završiti kao otpad. U slučaju Srbije – otpad na deponiji. Ovakav koncept korišćenja i upotrebe resursa se u teoriji naziva linearnim. Ovakav pristup je jednostavno neodrživ sa aspekta životne sredine i ograničenosti resursa.



Slika 1: Linearna ekonomija

Source (Izvor): [http://cirkularnaekonomija.org/wp-content/uploads/2019/01/Infografika-1-PREVIEW-02\\_N.jpg](http://cirkularnaekonomija.org/wp-content/uploads/2019/01/Infografika-1-PREVIEW-02_N.jpg)

Prelazak sa linearnog modela na model cirkularne ekonomije može dati odgovor na narastajuće potrebe zaštite životne sredine i same planete, jer pruža model po kome se novi resursi koriste minimalno, uz težnju baziranja ekonomije i proizvodnje tako da vodi maksimalnom ponovnom iskorišćenju već upotrebljenih materijala i resursa. Koncept je zamišljen tako da vodi obnovi ekosistema, uz veliki broj inovacija i sa značajnim uticajem na navike društva u celini.



Slika 2: Cirkularna ekonomija

Source (Izvor): [http://cirkularnaekonomija.org/wp-content/uploads/2019/01/Infografika-2-PREVIEW-02\\_N.jpg](http://cirkularnaekonomija.org/wp-content/uploads/2019/01/Infografika-2-PREVIEW-02_N.jpg)

### 2.3. Trenutno stanje u Srbiji

Kakvo je trenutno stanje u Srbiji kada je u pitanju zaštita životne sredine najbolje govori to da procenjena neophodna sredstva za usklađivanje sa zakonodavstvom Evropske unije i sprovođenje neophodnih reformi u okviru Poglavlja 27 - Životna sredina pregovora sa Evropskom unijom, iznose oko 10 milijardi evra, od kojih je približno 10% potrebno izdvojiti za pravilno upravljanje otpadom [8]. Prva Nacionalna strategija upravljanja otpadom sa programom približavanja Evropskoj uniji usvojena je još 4. jula 2003. godine od strane Vlade Republike Srbije i predstavlja bazni dokument kojim se obezbeđuju uslovi za racionalno i održivo upravljanje otpadom na nivou Republike Srbije. Rešenje koje je prikazano u Strategiji upravljanja otpadom navodi neophodnu infrastrukturu za postizanje zacrtanih dugoročnih ciljeva, i to 29 regionalnih sanitarnih deponija, 44 transfer stanice, 17 reciklažnih centara i 4 spalionice komunalnog otpada.

Procenjeno je da se u Republici Srbiji organizovano sakuplja trenutno oko 60% komunalnog otpada, dok za građevinski otpad ne postoje egzaktni podaci. Sakupljanje je organizovano pretežno u urbanim oblastima, dok su ruralne oblasti znatno slabije pokrivena. Odlaganje otpada je trenutno jedini način organizovanog postupanja otpadom. U funkciji je 10 sanitarnih deponija (8 regionalnih i 2 lokalne), 164 lokalna smetlišta i oko 3500 divljih deponija [8].

Građevinski otpad u Republici Srbiji završava na deponijama komunalnog otpada, a koristi se i kao inertan materijal za prekrivanje otpada na deponiji. Reciklaža građevinskog otpada postoji, ali u zanemarljivo malom procentu, iako istraživanja i međunarodna praksa procenjuju da se od 80% do 95% građevinskog otpada može ponovo upotrebiti ukoliko se adekvatno uklanja, skladišti i tretira. Višak zemlje iz iskopa neretko neplanski završava na parcelama u vlasništvu države ili privatnom vlasništvu, najčešće negativno utičući na životnu sredinu i društvene aspekte kroz uništavanje vegetacije, remećenje faune, zagađenje i opstrukciju vodenih tokova i drenažnih puteva, kao i nanoseći štetu susednim parcelama.

Iako je potreba za odgovarajućim tretiranjem građevinskog otpada prepoznata i u Strategiji upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine, od tada postoji jasno izražen nedostatak konkretnih koraka u rešavanju ovih pitanja, što dovodi u nezavidan položaj potencijalne investicije u građevinsku industriju. Nova Strategija upravljanja otpadom još uvek nije usvojena.

## 3. UZROCI I POSLEDICE PROBLEMA

### 3.1. Uzroci

Iskustvo autora ovog rada na građevinskim projektima u regionu, kao i publikovana iskustva drugih autora i upravljača projektima iz svih delova sveta pokazuju da uzroci nastanka problema viška zemlje iz iskopa nisu

ništa novo, da mogu biti različiti, kao i da obuhvataju širok spektar kako direktnih tako i indirektnih uzroka, koju su najčešće međusobno povezani.

Sistemske i zakonske uzroci:

- Nepotpuna i nejasno definisana zakonska regulativa kada je u pitanju upravljanje ovom vrstom otpada/resursa, tj. nedostatak podzakonskih akata koji detaljno regulišu ovu oblast. Postojeći propisi ne definišu tačan status recikliranog otpada, tj. nema propisa kojim se omogućava njegova dalja upotreba, odnosno kojim bi ova vrsta otpada bila dalje definisana kao sirovina.
- Nedostatak planskog i strateškog pristupa rešavanju ovog problema, izražena kroz nedostatak nove ažurirane Strategije upravljanja otpadom. Konkretno, za građevinski otpad, pod koji se svrstava i višak zemlje iz iskopa, nisu usvojeni obavezujući ciljevi za recikliranje tj. ponovnu upotrebu, kao što postoji u drugim oblastima, npr. kod ambalažnog otpada.
- Neadekvatne sankcije za lica koja otpad neodgovorno odlažu bilo na divlju deponiju ili smetlište.

Uzroci vezani za nepostojanje adekvatne prateće infrastrukture:

- Nedovoljan broj postojećih deponija za odlaganje otpada (uključujući i građevinski), kao i njihov limitirani kapaciteti. Podaci dostupni o postojećim deponijama (vrsti otpada koji primaju, količinama, potrebnim uslovima za deponovanje) koje su registrovane na internet stranici Agencije za zaštitu životne sredine nisu ažurirani i neodgovaraju stanju u praksi.
- Nedovoljan broj sertifikovanih firmi za transport, tretman i preradu otpada.

Uzroci vezani za pripremu i izvođenje građevinskih projekata:

- Nedostaci prilikom pripreme planske i projektne dokumentacije, uključujući, prethodne analize i istraživanja o uticajima, količinama, kapacitetima i daljoj upotrebi.
- Zastarele tehnologije izgradnje koje se i dalje baziraju na većinskoj upotrebi novih materijala i resursa, uz vrlo limitirano ponovno iskorišćenje neopasnog građevinskog otpada. Linearni model je i dalje dominantan.

Opšti uzrok:

- Nedovoljan nivo svesti i znanja u vezi upravljanja otpadom, uzroka, mogućih posledica i potrebnih rešenja.

### 3.2. Posledice

Iskustvo takođe pokazuje da navedeni uzroci rezultuju značajnim posledicama koje imaju veoma širok uticaj na životnu sredinu. Ovde su navedeni samo neki od potencijalnih problema koji proizilaze iz neadekvatnog upravljanja viškom zemlje iz iskopa, ali koji se odnose i na druge vrste otpada:

- Zagađenje životne sredine,
- Presecanje vodenih tokova i drenažnih puteva, kao i negativan uticaj na podzemne vode,
- Neplansko zauzimanje prostora, kako u državnom tako i u privatnom vlasništvu, uz remeđenje mikrolokacijskih staništa biljaka i životinja,
- Dodatne radove koji uključuju uklanjanje, transport, potencijalnu remedijaciju i rekultivaciju, itd., što rezultira povećanom emisijom zagađujućih čestica, između ostalog,
- Neadekvatno trošenje resursa,
- Sveobuhvatno povećanje troškova.

## 4. MOGUĆNOST PONOVNE UPOTREBE

### 4.1. Ponovna upotreba materijala od iskopa na licu mesta (iskustva u svetu)

U okviru nekoliko studija opisan je primer dobre prakse ponovne upotrebe viška zemlje iz iskopa na gradilištima na kojima se izvode radovi [6] [12] [14] [16]. Autori Eras et al. (2013) su dokazali da je dobrim planiranjem masenog balansa u okviru zemljanih radova u građevinskom projektu, bilo moguće relocirati i ponovo iskoristiti 44% materijala od iskopa, tj. 700000 m<sup>3</sup>, i time smanjiti aktivnost u okviru zemljanih radova i transporta na deponije. Ukupan uticaj transporta na klimu u ovom slučaju bi se mogao smanjiti oko 4000 tona CO<sub>2</sub> u vidu uštede na gorivu. U ovom slučaju, troškovi bi se mogli smanjiti za 1.76 miliona dolara. Slične rezultate predstavili su i autori Chittoori et al. (2012) koji su opisali troškove i ekološke benefite od ponovne upotrebe materijala od iskopa u okviru projekta izgradnje cevovoda. Trend povećanja ponovo upotrebljenog materijala od iskopa smanjio je troškove upravljanja materijalom i uticaj na klimatske faktore za 85%. Stabilizacija je tehnologija za poboljšanje geo-tehničkih svojstava u smislu povećane snage,

smanjene propustljivosti i kompresibilnosti zemlje. Ova tehnologija omogućava korištenje materijale manjeg kvaliteta u građevinarstvu, kao što je meko zemljište koje se obično odlaže na deponije [17]. Hemijska stabilizacija znači da se cement ili drugi vezivni materijali kao što su leteći pepeo i kreč mešaju sa zemljom što dovodi do hemijskih reakcija koje stabilizuju zemljište.

#### **4.2. Ponovna upotreba materijala od iskopa na drugim projektima (iskustva u svetu)**

Ponovna upotreba materijala od iskopa u drugim projektima znači da su materijali transportovani između gradilišta. Takva ponovna upotreba je moguća kada postoji nekoliko građevinskih projekata koji se odvijaju u istom regionu. U Helsinkiju na primer, deponije imaju sve manje prostora zbog odlaganja viška zemlje iz iskopa. Kao posledica toga dolazi do povećanog intenziteta transporta do deponija izvan grada, na daljine veće od 50 km. Koordinacija i usklađivanje projekata u vezi sa iskorišćenjem materijala od iskopa bio je jedan od ciljeva projekta "Absoils". Tokom projekta višak zemlje iz iskopa je korišćen u različite svrhe na drugim projektima u regionu, između ostalog kao materijal za izgradnju nasipa za odbranu od poplava, nasipa za smanjenje buke, ojačanje i uređenje rečnih korita, oblikovanje reljefa, stabilizaciju zemljišta itd. [13] [15]. Prednosti iskorišćenja materijala od iskopa u projektima proučavala je engleska neprofitna organizacija CL: AIRE. Oni su sprovedli studiju klastera projekta koja se sastojala od četiri projekta remedijacije, a ti projekti su bili blizu jedan drugom u severozapadnoj Engleskoj [7]. U ovim projektima, velike količine kontaminiranog zemljišta je iskopano i transportovano do privremenog odlagališta koje se nalazilo na jednom od gradilišta gde su materijali tretirani i nakon toga transportovani na gradilišta kako bi se ponovo upotrebili. Klaster pristup je rezultirao povećanom ponovnom upotrebom ukupno 30000 m<sup>3</sup> zemlje iz iskopa i smanjenjem emisija od oko 100 tona CO<sub>2</sub>. Osim toga, to je pozitivno uticalo na smanjenje transporta, deponovanje, a smanjena je upotreba građevinskog materijala iz primarne proizvodnje. Ušteda troškova je procenjena na 30% [7].

#### **4.3. Reciklaža u postrojenju (iskustva u svetu)**

Zemlja iz iskopa klasifikuje se kao otpad koji se može transportovati u postrojenje za reciklažu gde se tretira i priprema za upotrebu u drugim građevinskim projektima. Potencijal primene ovakvog materijala sa aspekta životne sredine je istražen od strane nekoliko autora. Na primer, Blengini i Garbarino (2010) zaključili su da postoje benefiti primenom recikliranog građevinskog otpada (uključujući i zemlju iz iskopa) koji se odnose na zaštitu životne sredine, recikliranog u postrojenju, u odnosu na primenu materijala od iskopa iz kamenoloma. Emisije CO<sub>2</sub> su smanjene sa oko 14 kg ekvivalenta CO<sub>2</sub> po toni prilikom recikliranja građevinskog otpada, u odnosu na korišćenje materijala iz kamenoloma. Uključena je i proizvodnja materijala, a ne samo transport. Ova studija je urađena u sklopu EU projekta SARMa, sa ciljem da se postigne zajednički pristup održivog upravljanja agregatnim resursima [4]. Autori Simion et al. (2013) proučavali su klimatske efekte proizvodnje prirodnih agregata u poređenju sa recikliranjem građevinskog otpada. Uticaj na klimatske faktore usled proizvodnje prirodnih agregata iznosio je oko 103 kg po toni, u odnosu na oko 16 kg po toni za recikliranog građevinskog otpada.

#### **4.3. Spektar opcija za ponovnu upotrebu viška zemlje**

Iz prethodno navedenog dolazimo do toga da je spektar ponovne upotrebe viška zemlje iz iskopa veoma širok i da se kao samo neke od mogućih opcije javlja sledeće:

- Popunjavanje iskopa na gradilištu na kom se javlja višak zemlje,
- Popunjavanje iskopa na drugim gradilištima na kojima postoji potreba,
- Popunjavanje prirodnih uvala i depresija, kao i napuštenih pozajmišta, kamenoloma i rudarskih postrojenja,
- Poravnavanje parcela i oblikovanje reljefa, kako u poljoprivredi tako i u šumarstvu,
- Uređenje lokacija koje se koriste za igrališta i rekreaciju,
- Kao pokrivač za potrebe komunalnih deponija i materijal za upotrebu tokom rešavanja problema divljih deponija (zamena kontaminirane zemlje),
- Izradu nasipa za odbranu od poplava i uređenje rečnih korita,
- Izrada nasipa za umanjenje nivoa i efekata buke.

Ponovna upotreba viška zemlje iz iskopa sa sobom donosi niz pozitivnih uticaja, koji uključuju štednju i čuvanje prirodnih resursa, smanjenje rizika od zagađenja i remeđenja podzemnih voda, smanjenje potrebe za otvaranjem novih deponija, smanjenje potrošnje energije i potrebe za transportom a samim tim i emisije zagađujućih materija u vazduh (CO<sub>2</sub>), opšte smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu, kao i ekonomsku efikasnost kroz smanjenje troškova.

## **5. KAKO DO CILJA / POTREBNI KORACI**

Da bismo uspjeli da umanjimo negativne uticaje, neadekvatno trošenje resursa i novca, i krenuli u rešavanje ovog problema potrebno je sprovesti niz mera na svim nivoima, od zakona do izvođenja i primene na samom gradilištu.

### **5.1. Definisavanje zakonskih osnova**

Upotunjavanje i usklađivanje zakonske regulative kako bi obezbedili stvaranje adekvatnog sistema upravljanja otpadom koji obavezuje odgovorno postupanje i omogućava ponovnu upotrebu viška zemlje iz iskopa. Na primer, zakonske odredbe treba da obezbede mogućnost povezivanja viska zemlje iz iskopa sa budućim rešavanjem problema divljih deponija i redovnog održavanja uređenih deponija. Uvođenje novih zakonom definisanih deponija (privremenih ili stalnih) na kojima bi se vršilo deponovanje nekontaminiranog viška zemljanog materijala koji bi kasnije mogao da se koristi u druge svrhe, bi takođe pomoglo u smanjenju deponovanja na nepredviđenim lokacijama.

### **5.2. Obezbećivanje prateće infrastrukture**

Kao direktno povezano sa prvim korakom, neophodno je aktivno raditi na formiranju dovoljnog broja adekvatnih deponija (privremenih ili stalnih deponija viška materijala) koje imaju kapacitete da prime neopasni građevinski otpad naročito u područjima u kojima se u bliskoj budućnosti planiraju veliki infrastrukturni projekti (najavljuje se izgradnja autoputeva Niš - Merdare, Moravskog koridora, kao i konekcije Koridora 11 sa Crnom Gorom, informacije preuzete sa raznih internet portala). Pored toga, sistemska i zakonska rešenja treba da obezbede adekvatne uslove za povećanje broj licenciranih firmi za transport, preradu ove vrste otpada i njegovu ponovnu upotrebu.

### **5.3. Adekvatna priprema, planiranje i izvođenje projekata**

Kako bi se izbegli potencijalni problemi, potrebno je još u fazi planiranja projekta detaljno anaizirati stvaranje otpada (uključujući i višak zemlje iz iskopa) i jasno definisati mere upravljanja koje su potrebne tokom izvođenja projekta kako bi višak zemlje iz iskopa koji nastaje tokom projekta imao minimalan uticaj na životnu sredinu. Potrebno je utvrditi potencijale ponovne upotrebe, kao i mogućnost odlaganja na lokacijama koje bi omogućile lak pristup u slučaju ponovne upotrebe kako tokom drugih faza istog projekta, tako i za eventualno korišćenje u svrhe izvan tekućeg projekta (drugi projekti, upotreba za uređenje komunalnih i divljih deponija, upotreba u komercijalne svrhe).

Rezultate analize i definisane mere treba pretočiti u jasno definisane zahteve koji će biti postavljeni pred buduće izvođače kroz postupak nabavke usluge izvođenja radova, i uključiti ih kao jedan od parametara u postupku odabira izvođača, zajedno sa ostalim zahtevima u vezi zaštite životne sredine tokom sprovođenja projekta.

Jedan od osnovnih zahteva treba da bude zahtev za pripremu detaljnog plana upravljanja viškom zemlje iz iskopa, koji bi bio pripremljen kao samostalan dokument ili kao deo plana upravljanja otpadom tokom projekta. Ovakav plan treba da odgovara situaciji na terenu i da definiše detalje o količinama viška zemlje iz iskopa (kao i ostalih vrsta otpada), načinu prikupljanja, razvrstavanja i transporta, ponovnom korišćenju na gradilištu na kom se izvode radovi, izbora mesta i načina privremenog i trajnog zbrinjavanja viška koji ne može biti upotrebljen na gradilištu, kako bi se omogućila kasnija upotreba ovog materijala u druge svrhe. Ove zahteve je potrebno uključiti kroz adekvatne odredbe i uslove ugovora, koje je potrebno kvantifikovati odgovarajućom novčanom vrednošću kako bi se osigurala implementacija, kao i ostavila mogućnost reagovanja i sankcija u slučaju da upravljanje otpadom nije sprovedeno na odgovarajući način. Pored potencijalni finansijskih sankcija za neadekvatno izvršavanje uslova i odredbi ugovora, dobra međunarodna praksa je u velikom broju slučajeva pokazala da ugovorom definisani pozitivni finansijski stimulans (nagrada) namenjen izvođaču za uspešno upravljanje zaštitom životne sredine, pa samim tim i viškom zemljanog materijala, vrlo često dovodi do pozitivnih rezultata i poboljšanja implementacije na samom gradilištu. Ne treba zaboraviti i da je potrebno zahtevati da izvođači uposlju kroz ceo tok projekta (od samog početka mobilizacije do kraja demobilizacije i uspešnog završetka radova) predstavnika (ili ceo tim ukoliko se proceni kao potrebno) koji će se baviti upravljanjem zaštitom životne sredine. Ovaj predstavnik mora posedovati odgovarajuće iskustvo iz ove oblasti kako bi omogućio pravilnu implementaciju svih potrebnih mera.



Adekvatno praćenje izvođenja radova dolazi kao deo poslednjeg koraka na putu kao uspešnom završetku projekta. Praćenje bi trebalo da obezbedi adekvatnu primenu prethodno definisanih i propisanih mera, kao i ispunjavanje odredbi i uslova ugovora, što sve zajedno treba da osigura pravilno upravljanje, upotrebu i skladištenje viška zemlje iz iskopa (kao i ostalog "otpada") kako bi bila moguća dalja upotreba ovog resursa. Kao i u slučaju izvođača i ostali učesnici projekta bi morali imati u svom timu odgovarajuće stručnjake iz oblasti zaštite životne sredine koj će svojim znanjem i iskustvom doprineti uspešnoj primenu mera, kao i prepoznavanju potencijalnih problema u ranoj fazi i njihovom adekvatnom rešavanju kroz saradnju na svim nivoima projekta.

## 6. ZAKLJUČAK

Upravljanje viškom zemlje iz iskopa, kao deo šireg polja upravljanja otpadom i zaštitom životne sredine, biće jedna od značajnih tema u narednim godinama i očekuje se da dosta sredstava bude uloženo u rešavanje ovih problema. Republika Srbija kao strateški cilj ima priključenje Evropskoj uniji, pa kroz prergovaračko Poglavlja 27 - Životna sredina, mora raditi na usklađivanju zakonske regulative i obezbeđivanju implementacije iste. Mora se uzeti u obzir da se regulativa Evropske unije uveliko okreće principima cirkularne ekonomije, pa se kao jedna od glavnih tema nameće upravljanje otpadom, tj resursima.

Kada se dalje uzme u obzir da značajan deo finansiranja infrastrukturnih projekata u Republici Srbiji dolazi iz fondova međunarodnih finansijskih institucija (Svetska banka, Evropska banka za obnovu i razvoj, Evropska investiciona banka, itd.), a da se kao jedan od glavnih uslova realizacije (Performance Requirements and Standards) javlja zaštita životne sredine i resursa jasno je na njih mora obraćati posebna pažnja, kao i obezbediti adekvatna systemska i finansijska podrška od najranije faze planiranja, preko projektovanja i implementacije, kako bi bio obezbeđen adekvatan nivo zaštite životne sredine.

Dodajmo prethodno navedenom i Ciljeve održivog razvoja koji su usvojeni od strane Ujedinjenih nacija, koji takođe sadrže odgovorno korišćenje resursa i zaštitu životne sredine, jasno je da je za uspešno rešavanje problema koji su pomenuti, kao i problema upravljanja otpadom generalno, potrebno aktivno raditi na stvaranju sistema upravljanja otpadom i resursima na svim nivoima, podizanju svesti i znanja o važnosti adekvatnog upravljanja, povećanju vidljivosti problema koji se javljaju, kao i potencijalnih posledica i gubitaka u vidu finansija i resursa koje eventualno zanemarivanje ovih tema može doneti.

## Literatura

- [1] Agencija za zaštitu životne sredine, Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije, Otpad i upravljanje otpadom, Katastar deponija, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=207&id=202&akcija=showXlinked>  
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=9&id=6003&akcija=showAll>
- [2] Arulrajah, A., Ali, M. M .Y., Piratheepan, J., Bo, M. W., 2012. Geotechnical properties of waste excavation rock in pavement subbase applications. J. Mater. in Civ. Eng. 24, 924–932.
- [3] BFPE, Cirkularna ekonomija, Nov pristup koji integriše ekonomiju i sistem upravljanja otpadom (on-line) <https://bfpe.org/programs/cirkularna-ekonomija/>
- [4] Blengini, G. A., Elena Garbarino, 2010. Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. J. Clean. Prod. 18, 1021–1030
- [5] Centar za promociju cirkularne ekonomije, Koncept cirkularne ekonomije, 2018, (on-line) <https://cirkularnaekonomija.org/sta-je-cirkularna-ekonomija/koncept/>
- [6] Chittoori, B., Puppala, A. J., Reddy, R., Marshall, M., 2012. Sustainable reutilization of excavated trench material. GeoCongress 2012, 4280–4289.
- [7] CL:AIRE, 2013. Remediation of four sites in northwest England - a successfully completed multi-site, multi-consultant cluster project. [http://www.clare.co.uk/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=368:csb-11&id=3:case-study-bulletins](http://www.clare.co.uk/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=368:csb-11&id=3:case-study-bulletins)

- [8] CSOnnect, Poglavlje 27 - Upravljanje otpadom, <http://csonnect.rec.org/index.php?page=upravljanje-otpdom>
- [9] Despotović M., Karanović N. (2019) Upravljanje otpadom tokom realizacije linijskih infrastrukturnih projekata, Konferencija Niskogradnja i saobraćaj, Beograd 2019
- [10] Environmental, Science, Engineering Magazine, Handling excess soil: How we got to where we are and where things are going 2014, (on-line) <https://esemag.com/hazmat-remediation/excess-soil/>
- [11] EPA Victoria, Major Infrastructure Projects, Soil management plan, 2018, (on-line) <https://www.epa.vic.gov.au/our-work/major-infrastructure-projects/contaminated-soil-management-and-reuse-on-major-infrastructure-projects/soil-management-plan>
- [12] Eras, C. J. J., Gutiérrez, A. S., Capote D. H., Hens, L., Vandecasteele, C., 2013. Improving the environmental performance of an earthwork project using cleaner production strategies. J. Clean. Prod. 47, 368–376.
- [13] Forsman, J., Kreft-Burman, K., Lindroos, N., Hämäläinen, H., Niutanen, V., Lehtonen, K., 2013. Experiences of utilising mass stabilised low-quality soils for infrastructure construction in the capital region of Finland – case Absoils project. The XXVIII International Baltic Road Conference
- [14] Kenley, R., Harfield, T., 2011. Greening procurement: a research agenda for optimizing mass-haul during linear infrastructure construction. Sixth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC- VI). 235–240.
- [15] Kreft-Burman, K., Lahtinen, P., Ollila, S., Forsman, J. Niutanen, V., Lehtonen, K., 2013. Absoils - sustainable methods and processes to convert abandoned low-quality soils into construction materials. [http://projektit.ramboll.fi/life/absoils/matsku/absoils-ngm\\_article.pdf](http://projektit.ramboll.fi/life/absoils/matsku/absoils-ngm_article.pdf)
- [16] Lafebre, H., Songonuga, O., Kathuria, A., 1998. Contaminated soil management at construction sites. Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage. 2, 115–119.
- [17] Makusa, G. P., 2012. Soil Stabilization Methods and Materials - State of the Art Review. Luleå tekniska universitet, Luleå.
- [18] Ministry of Environmental, Conservation and Parks, Management of Excess Soil - A Guide for Best Management Practices, <https://www.ontario.ca/page/management-excess-soil-guide-best-management-practices#section-2>
- [19] Pregovaračka grupa 27, Ministarstvo zaštite životne sredine, <http://www.pregovarackagrupa27.gov.rs/>
- [20] Rahman, Md. A., Imteaz, M., Arulrajah, A., Disfani, M. M., 2014. Suitability of recycled construction and demolition aggregates as alternative pipe backfilling materials. J. Clean. Prod. 66, 75–84.
- [21] Republički zavod za statistiku, Republika Srbija, Statistika otpada i upravljanje otpadom u Republici Srbiji, 2008–2010. [http://www.sepa.gov.rs/download/Statistika\\_otpada.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/Statistika_otpada.pdf)
- [22] Republički zavod za statistiku, Republika Srbija, Stvoreni i tretirani otpad, 2017., <http://www.stat.gov.rs/sr-latn/vesti/20180711-stvoreni-i-tretirani-otp-ad-2017/?s=2502>
- [23] UNDP, Cirkularna ekonomija za održivi razvoj u Srbiji, 2019, (on-line) <http://www.rs.undp.org/content/serbia/sr/home/presscenter/articles/2019/circular-economy-for-sustainable-development-in-serbia.html>

## УТИЦАЈ ПРЕОПТЕРЕЋЕЊА ВОЗИЛА КАО АСПЕКТ УПРАВЉАЊА ПУТЕВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Сузана Стефановић<sup>1</sup>, Братислав Милић<sup>1</sup>, Оливера Ђокић<sup>1</sup>, Маријана Николић Ивановић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт за путеве ад, Београд

(e-mail: [suzana.stefanovic@highway.rs](mailto:suzana.stefanovic@highway.rs), [milicbratislav10@gmail.com](mailto:milicbratislav10@gmail.com), [o.djokic@highway.rs](mailto:o.djokic@highway.rs), [m.nikolic-ivanovic@highway.rs](mailto:m.nikolic-ivanovic@highway.rs))

**Резиме:** У фази пројекта пута, када се одређује структура коловозне конструкције, један од најутицајних фактора за прорачун је број и дозвољена носивост теретних возила која ће се кретати тим путем. У пракси, константно прекорачење дозвољене носивости возила, у дужем временском интервалу доводи до оштећења целе структуре коловоза. Пројектовани век коловоза се драстично смањује што изазива додатне трошкове за одржавање и санацију таквих путева. Обавеза управљача путевима је да утиче да се преоптерећење возила сведе на најмању могућу меру. У Републици Србији се овом проблему не посвећује довољна пажња. За ефикасније решавање овог проблема наглашено је да улазни параметри за његово сагледавање буду што свеобухватнији. На упоредном примеру управљања овим аспектом у Холандији, предложено је фазно увођење WIM система (Weigh In Motion System) као могућности за системско решење овог проблема у нашим условима.

**Кључне речи:** осовинско оптерећење, оштећење коловоза, WIM системи, ваге за мерење тежине возила

## VEHICLE OVERLOAD INFLUENCE AS AN ASPECT OF ROADS MANAGEMENT AND SAFETY IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Bratislav Milić<sup>1</sup>, Suzana Stefanović<sup>1</sup>, Olivera Đokić<sup>1</sup>, Marijana Nikolić Ivanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Highway Institute, Belgrade

(e-mail: [suzana.stefanovic@highway.rs](mailto:suzana.stefanovic@highway.rs), [milicbratislav10@gmail.com](mailto:milicbratislav10@gmail.com), [o.djokic@highway.rs](mailto:o.djokic@highway.rs), [m.nikolic-ivanovic@highway.rs](mailto:m.nikolic-ivanovic@highway.rs))

**Abstract:** In the phase of road designing, when determining the structure of the pavement, one of the most influential factors for the calculation is the number and allowable bearing capacity of trucks that will drive on the road. In practice, the constant exceeding of the permissible bearing capacity of the vehicle, over a long period, causes damage to the entire pavement structure. The projected service life of the road drastically reduces, creating additional costs for the maintenance and rehabilitation of such roads. The road controller has to minimise vehicle overload. In the Republic of Serbia, this problem paid no so much attention. Due to solve this problem more effectively, it is emphasised that the input parameters for its consideration must be as comprehensive as possible. In a comparative example of managing this aspect in the Netherlands, it is proposed the phased introduction of the WIM system (Weigh In Motion System) as an opportunity for a systematic solution of the problem in our conditions.

**Keywords:** axle load, pavement damage, WIM systems, vehicle weight scales

### 1. УВОД

Утицај оптерећења од возила је један од кључних фактора за одређивање века трајања коловозне конструкције. Овај фактор, у комбинацији са осталим факторима као што су: врста коловоза, конструктивни елементи пута, климатски фактор, редовно одржавање, и тако даље, одређује понашање коловозне конструкције у експлоатацији. Проблем представља то што се предвиђена оптерећења у пракси врло често прекорачују. Да би се овај проблем што објективније сагледао, осим међусобног утицаја возила и пута, мора се узети у обзир и трећи чинилац: утицај возача. Са аспекта преоптерећења ово је вероватно најважнији фактор.

Контрола преоптерећења и мерења које се том приликом врше, у Републици Србији још није добила системски карактер, јер се не врши свеобухватна анализа добијених података. Зато смо принуђени да користимо искуства земаља које су овај проблем почеле решавати крајем деведесетих година, инсталирањем савремених мерних инструмената који су повезани информационим системима. Резултати који су добијени на овај начин значајно су утицали на формирање стратегије управљања путевима у тим земљама.

## 2. ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА УТИЦАЈА ОПТЕРЕЋЕЊА ВОЗИЛА НА КОЛОВОЗНУ КОНСТРУКЦИЈУ

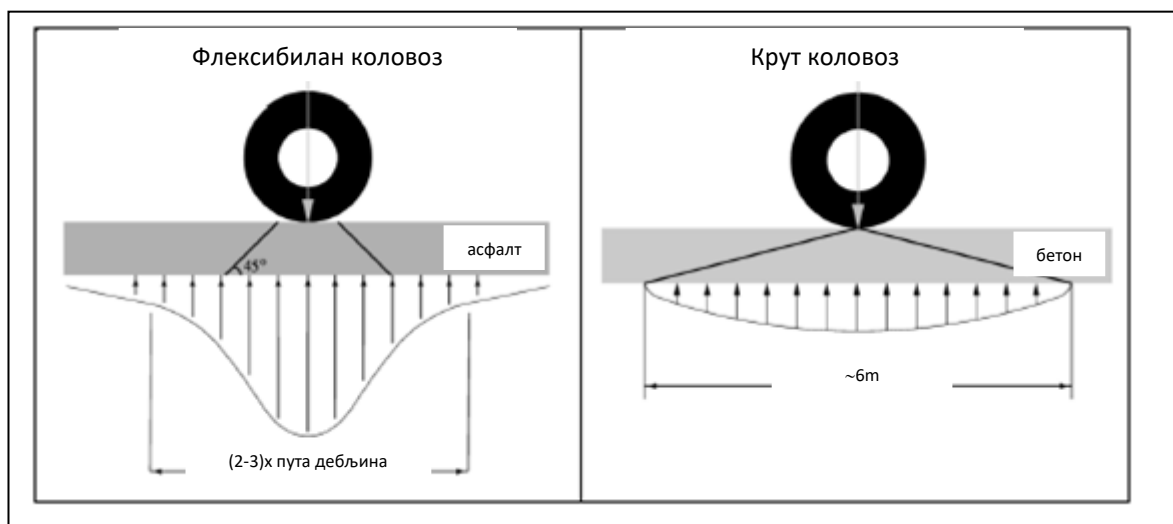
Услед великог броја фактора који утичу на понашање коловозне конструкције у експлоатацији, није једноставно издвојити и анализирати само део који се односи на утицај оптерећења од возила. Да би се овај аспект објективно анализирао мора се узети у обзир велики број параметара, укључујући и деловање климатских фактора.

Велики број научних и стучних радова је у прошлости био посвећен анализи како оптерећење од возила утиче на коловозну конструкцију [1-6]. Истраживања су углавном фокусирана на анализу утицаја преоптерећених возила на носивост и трајност коловозних конструкција, економске показатеље који указују на повећање трошкова одражавања, нелојалну конкуренцију међу превозницима, као и покретање иницијативе за примену нових прописа и закона за решавање овог проблема.

### 2.1. Деловање оптерећења од возила на избор коловозне конструкције

У теоријским (а и практичним) разматрањима не може се посебно анализирати пут, а посебно возило. Њихови међусобни утицаји одређују целокупно понашање коловозне конструкције, тако да представљају најважније чиниоце при пројектовању коловозне конструкције.

Када се анализира пут и коловозна конструкција у смислу деловања возила, битне ствари су пројектни елементи (нагиби и радијуси кривина), као и карактеристике и дебљине предвиђених слојева коловозне конструкције. Деформација пута (угиби) услед деловања оптерећења од возила се објашњава моделом теорије еластичности и зависи од оптерећења слојева конструкције, постелице и крутости појединих слојева конструкције (сл.1). Угиби које возила својим кретањем стварају на коловозној конструкцији су само делимично повратни. Коловозне конструкције које су изложене сталном прекорачењу дозвољеног (пројектованог) оптерећења, акумулирају све веће угибе, што на крају [1] доводи до њиховог лома.



Слика 1. Модел простирања оптерећења у коловозној конструкцији [7]

Методe димензионисања коловозних конструкција су углавном засноване на емпиријским проучавањима и користе упрошћене моделе како структуре коловоза, тако и моделе оптерећења од возила које се преноси на ту коловозну конструкцију. Такође, за одабир врсте и структуре коловоза доминантне су вертикалне силе од оптерећења, док се хоризонталне силе мање узимају у обзир [1].

## Утицај преоптерећења возила као аспект управљања путевима у Републици Србији

Ово има оправдање за отворен пут, али доводи до проблема на местима где долази до кочења и где су те силе доминантне. То су прилази наплатним рампама на аутопуту, аутобуска стајалишта у граду, као и паркиралишта и коловозне површине испред семафоризованих раскрсница где се утицај хоризонталних сила услед кочења манифестује у виду колотрага или набора.

У прорачунима, од деловања вертикалног оптерећења возила зависи избор дебљине коловозне конструкције, као и избор материјала одређених крутости за сваки слој коловозне конструкције. Квалитет постелјичног слоја са аспекта присуства ситних (глиновитих) честица и носивост постелјице, изражена преко калифорнијског индекса носивости или преко модула стишљивости или деформабилности, су полазне основе за одређивање дебљине коловозне конструкције. Дебљина доњег носећег слоја (тампона), који има и улогу да штити постелјицу од дејства мрза, и горњих носећих слојева (асфалтни слојеви или цементом везани слојеви), зависи од носивости постелјице и прогнозираног меродавног саобраћајног оптерећења. Лом коловозне конструкције најчешће се догађа у постелјици, а ређе на тампону и горњем носећем слоју. На видној површини коловоза, хабајућем слоју, лом се манифестује у виду појаве структурних оштећења. Тако, појава мрежастих пукотина типа крокодилске коже, улегнућа, ударне рупе и подужне пукотине у трагу точка указују на угрожену носивост постелјице и доњих носећих слојева; рефлектоване попречне пукотине могу указати на појаву пукотина у слоју цементне стабилизације, док појава колотрага може указивати на недовољну носивост и горњих носећих слојева [8].

Приликом пројектовања коловозне конструкције саобраћајем оптерећенијих путних праваца, као што су аутопутеви, бирају се квалитетнији материјали, односно, захтева се одређена отпорност на дробљење, хабање, гранулометријски састав, чистоћа агрегата, одсуство органских материја, постојаност на мраз, како агрегата предвиђеног за тампонске слојеве, тако и за оне у саставу везаних горњих носећих слојева. Пројектује се одређена носивост постелјичног слоја и тампонских слојева изражена преко модула деформабилности, као и носивост горњих носећих слојева, како би коловозна конструкција имала адекватну носивост у односу на захтеве прогнозираног саобраћајног оптерећења. Подразумева се да се са смањењем саобраћајног оптерећења захтевају и нижи/блажи критеријуми.

Прогноза меродавног саобраћајног оптерећења тј. одређивање броја стандардних осовина врши највећи утицај на одређивање структуре коловозне конструкције. Меродавно саобраћајно оптерећење рачуна се за експлоатациони период од 10 или 20 година, у зависности да ли се пројектује нов коловоз или се рехабилитује постојећи. У складу са SRPS U.C4.010:1981 и SRPS U.C4.015:1994, меродавно саобраћајно оптерећење за пројектовање коловозне конструкције, исказује се укупним бројем стандардних осовина од 80 kN. У анализи саобраћајног оптерећења не узимају се у обзир путничка возила због свог занемарљивог утицаја на оптерећење коловозне конструкције. Због тога се анализира ради смо за возила чија је укупна маса већа од 5 t (комерцијална возила). Осовинско оптерећење појединачних анализираних тешких теретних возила, претвара се у стандардно осовинско оптерећење помоћу одговарајућих фактора еквиваленције, чија вредност зависи од осовинског оптерећења репрезентативних врста возила и просечне искоришћености носивости тешких теретних возила.

### 2.2. Деловање возача на проблем преоптерећења

Када се говори о утицају возача на проблем преоптерећења, превасходно се мисли на то да је људски фактор главни у одлуци да се возило оптерети преко прописаних граница носивости. Термин „возач“ овде се односи како на власника возила (појединца или фирму) која радом тог возила остварује неку економску корист, тако и на оног појединца који управља возилом на путу.

Произвођачке спецификације за теретна возила прописују граничну носивост за то возило. Такође, законски прописи ограничавају носивост, прописујући или дозвољено осовинско оптерећење или дозвољену укупну тежину. Та гранична носивост тј. оптерећење које делује на коловозну конструкцију, често је већа од прописима дозвољеног оптерећења. Како је логичан интерес возача (превозника) да возило искористи до крајњих граница, преоптерећење возила је честа појава на свим путевима. Пошто возач физички не може да види утицај деловања оптерећења, он рачуна са тим да је трајност коловозне конструкције неограничена, тј. да је она неуништива. Када утицај преоптерећења постане видљив у облику оштећења на возној површини, већ је касно, јер тада и оптерећење у границама дозвољеног утиче на повећање оштећења.

На два начина се врши утицај на возача да поштује дозвољено оптерећење. Први је законска обавеза да се информише о дозвољеном осовинском (или укупном) оптерећењу на путу за врсту возила коју користи за превоз. То је дефинисано општим актима и прописима, као што су Закони и правилници. У њима су прописани општи услови који се тичу укупног и осовинског оптерећења возила зависно од: броја осовина возила, међусобног растојања тих осовина, броја точкова по осовини. Такође, дозвољена величина оптерећења зависи и од тога да ли је у питању вучно или прикључно возило. Ово су општи услови које би требало да знају сви који се баве камионским превозом.

Закон дозвољава да се за одређену врсту терета може прекорачити дозвољено оптерећење. То подразумева да превозници те врсте терета треба да набаве и дозволу за ванредни превоз, да не би били кажњавани.

Други начин је информисање возача које се односи на поједине путеве или деонице путева који су дуже време у експлоатацији. Зависно од развоја појединих региона, постојећи путеви често не могу да поднесу повећани теретни саобраћај, јер у време када су пројектовани није се могао предвидети саобраћај који ће бити након више деценија. Ако повећани интензитет теретног саобраћаја није могуће решити конструктивним елементима (реконструкцијом пута којом се повећава носивост коловозне конструкције), тада се одговарајућом саобраћајном сигнализацијом прописује дозвољено осовинско оптерећење или дозвољена укупна тежина, а теретна возила која то премашују се усмеравају на путеве који могу да поднесу веће оптерећење.

Да би се возачи натерали да поштују ограничења наведена у прописима или показана саобраћајном сигнализацијом, потребна је контрола од стране државе која треба да штити путну инфраструктуру као своје власништво. Контролу обично спроводи саобраћајна полиција у сарадњи са управљачем пута. Возила која су оптерећена преко своје носивости, дозвољеног осовинског оптерећења или укупне масе, искључују се из саобраћаја, а власник плаћа Законом предвиђену казну.

Као средство за вршење контроле користе се ваге. Оне су лоциране ван возних трака, тако да возач мора да буде заустављен да би се навео да стане на вагу и то оном осовином која је предмет контроле и за коју је прописана дозвољена вредност оптерећења. Постоје две врсте вага. Првом врстом се мери оптерећење по осовини (сл.2, лево), а другом врстом се мери укупна тежина возила са теретом (сл.2, десно).



Слика 2. Различити типови вага: лево - вага за мерење осовинског оптерећења [9]; десно - вага за мерење укупне тежине возила [10]

Друга врста вага је чешће заступљена у фирмама, при чему није акценат на поштовању прописа, већ се тиме контролише количина или маса утоварене робе. Када се зна основна тежина камиона, мерењем натовареног возила се одмах добија тежина терета. Као пример овога су ваге које се налазе на свакој асфалтној бази наших Предузећа за путеве. Међутим, поштовање граничне вредности тежине (укупне тежине возила са теретом) не мора обавезно да значи да су испоштоване граничне вредности осовинског оптерећења, иако се одређеним интерполацијама може рачунски добити и осовинско оптерећење.

## Утицај преоптерећења возила као аспект управљања путевима у Републици Србији

Зато је потребно да фирме поседују и другу врста вага којима се контролише осовинско оптерећење. Посебно због тога што контрола коју спроводе овлашћене институције се у највећем броју случајева односи на контролу осовинског оптерећења. Велике превозничке фирме врше ову врсту контроле на својим камионима, тј. улажу у куповину вага којима би се контролисало осовинско оптерећење.

### 2.3. Управљање оптерећењем возила са становишта путне привреде Републике Србије

У плановима градње путева у Републици Србији дефинисани су путни правци који ће се у наредном периоду градити. Новоградња у наредном периоду највише подразумева изградњу аутопутева и обилазница већих градова. Претпоставка је да ће се нови путеви завршити у неком реалном року од десет година. Повећавањем броја километара новоизграђених путева, повећавају се и потребна средства која треба уложити у одржавање. И пре почетка изградње и довршетка нових путева, констатација је била да је досадашња структура путева у Србији добра, а проблем је одржавање тих путева на задовољавајућем нивоу. Сама концепција одржавања путева у себи мора да садржи сагледавање утицаја преоптерећења возила на брже пропадање путева.

Носивост коловозних конструкција, а самим тим и управљање оптерећењем возила која се крећу по путевима се не може посматрати изоловано од општег управљања путном мрежом. Да би се предвидели поступци и интервенције на путној инфраструктури, потребно је праћење понашања коловозних конструкција у неком дужем временском периоду (минимум годину дана). Према доступним подацима, задња свеобухватнија праћења су вршена седамдесетих и осамдесетих година прошлог века [11-12].

Вишегодишње истраживање и праћење понашања различитих коловозних конструкција под саобраћајем обухватало је сагледавање: структуре коловоза, техничких карактеристика коловоза, квалитета изградње, величине и врсте саобраћаја и то све зависно од климатских услова. Закључци су коришћени да се утврде узроци пропадања коловозних конструкција и мере санације. Од тог времена до данас није вршено неко дуже озбиљније истраживање, иако се у међувремену променила и структура саобраћаја и увели су се неки нови материјали у структуру коловозних конструкција. За ову врсту истраживања осим добро осмишљеног програма, потребна су и значајна финансијска средства. Наравно да би у том програму једна од незаобилазних ствари било мерење и праћење преоптерећења и његовог утицаја на стање наших путева.

Наведимо неке опште аспекте на које посредно или непосредно утиче преоптерећење возила и шта све може да изазове [13].

Непосредно изазива:

- велика оштећења на путној мрежи;
- небезбедан саобраћај због оштећења коловоза;
- обуставе саобраћаја због великих оштећења;
- повећану емисију издувних гасова и директно загађење животне средине.

Накнадно изазива:

- повећане трошкове за одржавање пута;
- трошкове које изазивају застоји у саобраћају због санације оштећења;
- појаву нелојалне конкуренције у односу на остале превознике који поштују прописе.

Све набројано изазива велике трошкове за државу и институцију која је у име државе задужена да управља путевима. Да би управљач путевима реаговао на прави начин, мора се прво објективно сагледати постојећа ситуација. То подразумева да је потребан добро осмишљен план континуираног мерења преоптерећења. Контролом треба да буду обухваћени сви аутопутеви, као и поједине деонице најоптерећенијих магистралних путева. Постојећи бројачи саобраћаја који су инсталирани на путевима у Републици Србији дају добру слику структуре саобраћајног тока и места на којима би се та контрола спроводила. Након анализе спроведених мерења, треба донети реалан план на које начине треба утицати на превознике да поштују прописана ограничења, у погледу дозвољеног оптерећења возила. То не треба само да подразумева казнену политику, већ и едукацију превозника и евентуално обезбеђивање логистике у смислу постављања вага и мерних уређаја, где би они могли сами себе да контролишу. У погледу организације мерења треба узети у обзир и сезонске неравномерности у погледу оптерећења. Логично је, на пример, а то и потврђује стварно бројање саобраћаја, да се број возила на путу драстично повећава у периоду од почетка маја до краја септембра.

Да би прикупљени подаци имали своју сврху, неопходна је подршка информационог система који податке прикупљене на терену обрађује, систематизује и прослеђује. На тај начин омогућава се управљачу путевима да адекватно реагује где треба и предузима одговарајуће мере зависно од тога шта је анализа података показала.

### 3. ПРАКТИЧНА РАЗМАТРАЊА УТИЦАЈА ОПТЕРЕЋЕЊА ВОЗИЛА НА КОЛОВОЗНУ КОНСТРУКЦИЈУ

Теоријским разматрањима утицаја преоптерећења на коловозну конструкцију посвећена је велика пажња. Без обзира колико је развој рачунара обезбедио да се велики број фактора који утичу на понашање коловоза предвиде у прорачунима, стварно понашање коловозне конструкције није могуће предвидети без праћења на терену. Теренско праћење подразумева ангажовање стручњака и опреме, врло јасан и прецизан план праћења и наравно финансијска средства која ће да обезбеде ову активност.

У Републици Србији за спровођење ових активности задужено је ЈП „Путеви Србије“, које у име државе управља ванградским путевима. Праћење се спроводи на основу ангажовања људства, надзорне службе и аутоматских бројача саобраћаја који су инсталирани на појединим путевима. Према сајту ЈП „Путеви Србије“ укупан број инсталираних бројача је нешто мање од 400. Ови бројачи класификују возила у 4 или у 10 категорија, у зависности од дужине возила. Бројачи саобраћаја су одличан показатељ структуре возила која се крећу на одређеном путу, што је битно код планирања градње нових путева или ојачања или реконструкције постојећих путева. Информациони систем омогућава да се пресеци врше на недељном, месечном или годишњем нивоу. Битно је напоменути да бројачи не показују које од регистрованих возила прекорачује дозвољена оптерећења, како у смислу укупне тежине, тако и у смислу оптерећења по једној осовини.

Надзорна служба уз помоћ Предузећа за путеве, односно њихових служби за одржавање путева, визуелно прати и сигнализира појаву деформација које се појављују на површини коловоза. Најчешће структурне деформације, као што су мрежасте пукотине типа крокодилске коже, улегнућа и ударне рупе, указују да коловозна конструкција нема адекватну носивост за актуелно саобраћајно оптерећење. Да би се утврдио узрок ових деформација потребно је испитати да ли је дошло до повећања саобраћајног оптерећења у односу на пројектом прогнозирано оптерећење или је у питању преоптерећење возила.

На слици 3. (лево) приказана су оштећења настала годину дана након асфалтирања деонице државног пута IIA реда бр.142, деоница Драгиње (Каменица) - Шабачка Каменица [14]. Након асфалтирања, дошло је до наглог пораста саобраћаја, углавном великог броја тешких теретних возила, који су деоницу користили као везу до оближњег каменолома. По тврдњи мештана, у већини случајева, камиони су били преоптерећени.



Слика 3. Изглед оштећења: *лево* - мрежасте пукотине типа крокодилске коже и улегнућа, државни пут IB реда бр. 39, деоница Власотинце - Свође, снимљено 2005.године; *десно* – колотрази, државни пут IIA реда бр.154 до изградње Обилазнице Београда, деоница Бубањ Поток- Бели Поток



## Утицај преоптерећења возила као аспект управљања путевима у Републици Србији

Током летњег периода чешће је заступљена појава колотрага. Најчешће се јављају на путевима са подужним нагибима већим од 4%. Настају зато што преоптерећење возила на успону доводи до тога да снага мотора и степен преноса нису усаглашени, што резултира мањом брзином тог возила и самим тим дужим трајањем оптерећења које се преко точка преноси на коловозну конструкцију. Осим овога јавља се и утицај високих температура, при чему се смањују еластичне деформације, а повећавају пластичне, због чега долази до формирања колотрага.

Појава колотрага је посебно изражена у већим градовима због градског превоза и најчешће се манифестује на аутобуским стајалиштима. Институт за путеве је осамдесетих година радио Студију појаве колотрага на београдским коловозима [15]. Том приликом су вршена теренска истраживања, снимање оштећености коловоза, мерење дефлексија, узорковање материјала ради лабораторијских испитивања и утврђивања квалитета материјала свих слојева коловоза. Поред тога, вршена је и детаљна анализа саобраћајног оптерећења, мерење осовинских оптерећења при различитом степену оптерећености, фреквенција за одређене временске интервале и режим експлоатације. Испитивања су вршена за 31 улицу (59,37 km) којима саобраћа градски превоз. Детаљном анализом прикупљених података, дошло се до закључка о неусклађености носивости постојећег коловоза, односно, или је недовољна дебљина или је неадекватна структура коловоза у односу на тренутно и будуће саобраћајно оптерећење.

### 3.1. Мерење преоптерећења на путевима у Републици Србији

Друмске ваге за мерење оптерећења возила су у нашој земљи почеле да се користе тек 1978. године, иако су у неким другим републикама из бивше заједничке државе почеле да се користе неколико година раније [16]. Стабилне ваге за мерење оптерећења су уведене касније.

Да би ове ваге оправдале своје постојање, област која се тиче преоптерећења возила је законски уређена. Законом је прописано да мерење спроводи стручно и обучено особље, уз пратњу саобраћајне полиције која има право да конкретно возило искључи из саобраћаја због учињеног прекршаја. Таква возила се одмах искључују из саобраћаја, а обавеза превозника који је учинио прекршај је да растерети возило и доведе га у законски дозвољено стање пре поновног укључивања у саобраћај. Практично то значи да се мерење оптерећења спроводило на већим проширењима уз пут или на паркинзима где је постојала могућност да се возило физички искључи из саобраћаја и да се на истом месту растерети. Ефективност овог мерења је била добра само у првих сат - два мерења, јер возачи касније почињу да упозоравају једни друге на присуство контроле, тако да се преоптерећена возила паркирају негде пре мерног места док се контрола не склони. Дешавало се да саобраћајна патрола крене да паркиране камионе „тера“ да се покрену и дођу на ваге, али то није дало значајнијег ефекта.

Законски прописи [17-19] предвиђају могућност и да се прекорачи дозвољено осовинско оптерећење, али онда се ради о ванредном превозу за који је потребно да се тражи посебна дозвола. Наши превозници то траже, али углавном када се ради о терету из једног комада. Приликом аплицирања за добијање дозволе за ванредни превоз, превозници су дужни да доставе следеће податке:

- врста терета који се превози (комерцијални или технички назив терета);
- димензија (дужина, ширина и висина) и маса терета;
- о возилу или скупу возила којим се обавља ванредни превоз (врста и марка возила, регистарске ознаке, носивост, број осовина, размак између осовина, осовинска оптерећења, број точкова по осовини, врста огибљења возила, дужина, ширина, висина и маса возила);
- укупне димензије (дужина, ширина и висина), маса и осовинска оптерећења возила или скупа возила заједно са теретом;
- планирана релација ванредног превоза са редоследом важнијих места, улазним и/или излазним граничним прелазима, као и ознакама путева;
- планирано време извршења ванредног превоза.

Надлежна служба која је задужена за заштиту путева и издавање сагласности оцењује да ли ће тражени ванредни превоз угрозити стабилност постојећих објеката (мостова, надвожњака и других конструкција) који се налазе на траси наведеној као правац кретања. Уколико се установи да на наведеном правцу постоје објекти који деловањем ванредног превоза могу бити угрожени, превозник је дужан да прибави мишљење и услове за извршење ванредног превоза од овлашћене стручне организације.

Када је у питању превоз расутих терета који су и иначе најчешће заступљени, готово нико од превозника не тражи дозволу за преоптерећење. Као додатна отежавајућа околност, пре две године промењен је део закона који се односи на присуство саобраћајне полиције на месту за мерење оптерећења. Тај део је преузела републичка инспекција која има сва овлашћења која је раније имала полиција.

Јавно предузеће „Путеви Србије“, као управљач путевима, издваја средства да би се спровело мерење оптерећења теретних возила. На нивоу Републике Србије постоји седам тимова (плус два у Покрајини Војводини), који су опремљени вагама за мерење осовинског оптерећења. У оквиру плана одржавања путева праве се годишњи и месечни планови мерења оптерећења, где се планирају места и обим мерења. Међутим, набројани проблеми који спречавају да се мерење уради како треба су и даље присутни: мали број екипа које мере, избегавање возача на разне начине да изађу на мерење, као и недовољни ауторитет републичке инспекције у односу на ауторитет који има полиција.

### 3.2. Савремени системи за мерење преоптерећења

Савремени системи који се користе за мерење преоптерећења су неодвојиво везани са једним појмом који се у Европи, Америци и Јапану користи више од две деценије, а то је појам „паметни путеви“. Наиме, развој информационих технологија је омогућио развој метода које директно утичу на управљање путевима у смислу смањења гужви и провођења времена у вожњи, а самим тим смањење могућности стварања конфликтних ситуација и смањења могућности да дође до саобраћајних незгода. Комуникација између Управљача и корисника пута омогућена је путем обавештења која се налазе на електронским панелима на одређеној удаљености. Треба рећи и да концепција паметних путева подразумева и развој „паметних возила“ у чему су западне земље већ далеко одмакле.

Паметни путеви подразумевају и мерење оптерећења тешких возила која се тим путем крећу. Задњих деценија је развијен систем мерења оптерећења возила која се врше без заустављања возила тј. када је возило у покрету. То су такозвани WIM системи. Ови системи се на различите начине користе у свим развијеним европским земљама, Америци и Јапану. Треба рећи да и у земљама које користе овај систем није регулисано да он буде законски прихваћен, па се мерење мора обавити у стационарним условима да би било законски валидно. Од европских земаља које користе овај систем, на пример, мерење оптерећења возила у покрету је озакоњено у Чешкој Републици.

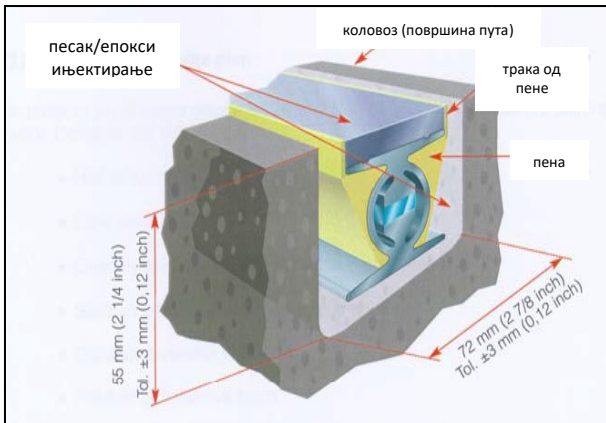
#### 3.2.1 Приказ на примеру Холандије

Пример Холандије може бити користан за имплементацију мерења преоптерећења у Републици Србији. Још 2001. године у оквиру настојања Министарства транспорта Холандије [13] да оствари концепцију паметних путева на територији своје земље, осмишљен је „пилот“ програм који је дефинисао одређене параметре на основу којих је анализирано оптерећење, а праћењем и мерењем добијени су стварни резултати. Пре тога, утврђено је да више од 15% тешких теретних возила прекорачује дозвољено оптерећење.

Као почетак утврђено је седам места на одабраним путевима где су постављени уређаји Weight in motion (WIM) система. У коловозну конструкцију су уграђени сензори који мере осовинско оптерећење. Овај систем је електронски повезан са камерама које се налазе на конзоли изнад места где се налазе сензори. Када код возила у покрету сензори забележе осовинско преоптерећење, камере се аутоматски укључују и снимају дигиталне колор слике тог теретног возила где се види, осим типа возила и регистарски број. Пошто је систем 24 сата дневно у функцији, слику возила ноћу обезбеђују инфрацрвене камере. Цео овај систем је електронски повезан са рачунарским центром који прати, обрађује и дистрибуира податке корисницима WIM система (сл. 4). Корисници система су саобраћајна полиција, државни саобраћајни инспекторат и Министарство транспорта.

Улога саобраћајне полиције је да након што је систем регистровао преоптерећено возило, изађе на пут, и то возило доведе до места где ће бити у мировању када се врши мерење и где ће званични извештај о мерењу законски констатовати да ли је возач извршио прекршај или не. Ова места су тако конципирана да нису много удаљена од места где се врши мерење преоптерећења у покрету, тако да полиција има времена да реагује. Треба поновити да мерење тежине и осовинског оптерећења возила у покрету није законски регулисано у већини земаља Европе.

## Утицај преоптерећења возила као аспект управљања путевима у Републици Србији



Слика 4. Изглед: лево - мерно место у коловозу; десно - портал на аутопуту [13]

Улога државног савезног инспектората је да, након достављања званичног извештаја полиције о свим преоптерећеним камионима, утврди којим превозницима они припадају. Ови превозници се уносе у базу података па инспектори врше посету овим компанијама, не у циљу кажњавања, већ у циљу помоћи и налажења решења за њихов проблем преоптерећења. Након договора за решење проблема, та компанија је на посматрању следећа два месеца. У зависности да ли сарађује или не, компанија добија свој статус. На тај начин се врши профилисање компанија, а за оне које не поштују договорено решење, предузимају се законом предвиђене мере. Такође, из разговора са компанијама извлаче се закључци о узроцима који доводе до преоптерећења, што је битно за будућа решења и стратегије деловања Инспектората. Овакав превентивни (проактивни) приступ даје следеће предности:

- сазнање о проблему;
- доводи до самоприлагођавања превозничких компанија;
- брзу реакцију на проблем и одговарајуће исправке;
- већу ефикасност од сталне провере путем мерења.

Улога Министарства транспорта је да управља системом, користи овај систем за истраживање утицаја преоптерећења, као и да развија нове системе. На основу података који се добијају коришћењем WIM система, добијају се информације које могу да буду корисне у будућем пројектовању путева, управљању путевима, као и делатностима на одржавању путева.

Презентација холандског WIM система вршена је 2006. године, дакле пет година након увођења, тако да се праћењем статистичких података дошло до одређених закључака. Резултати до којих су дошли су следећи:

- није дошло до значајног смањења преоптерећења докле год постоје алтернативни правци који нису обухваћени WIM системом;
- обезбеђен је детаљнији приказ структуре саобраћаја;
- детаљније информације о оптерећењу користе за планирање будуће градње путева;
- корист због добре сарадње свих субјеката који су учествовали на овом пројекту;
- велика ефикасност у смислу наплате казни и деловања на компаније које врше прекршаје
- да би WIM систем добио свој пуни смисао, њиме морају да буду покривени сви државни путеви.

### 3.3. Планови за мерење преоптерећења на путевима у Републици Србији

Коришћењем WIM система добијају се користи за путну привреду сваке земље, и оваква врста праћења је показала своје предности. Пратећи ове трендове мерења преоптерећења на путевима, ЈП „Путеви Србије“ су у поступку да се један овакав систем као „пилот“ програм до краја 2019. године угради на наплатној рампи Смедерево, на аутопуту Е-75 Београд - Ниш. Усвојен начин рада овог система би био следећи: теретна возила која пролазе кроз ову наплатну рампу ће се наводити на посебно проширење где ће у коловоз бити уграђен WIM систем, при чему ће светлосна сигнализација наводити возаче да својим возилом пређу преко мерача оптерећења. Ови мерачи су повезани са рачунарима који се налазе у контролној соби на проширењу. Ако мерачи не региструју преоптерећење, возила ће нормално наставити свој пут. Ако систем покаже да постоји

преоптерећење, возила ће се усмерити на стационарне ваге где ће се вршити законски прописано мерење преоптерећења, уз присуство овлашћених лица. Даљи поступак ће се одвијати у складу са законом.

Према инфорацијама које се могу добити у ЈП „Путеви Србије“ увођење овог система се у наредном периоду врло брзо може очекивати на наплатним рампама Бубањ Поток, Параћин и Наис.

Планирано је да се подаци о оптерећењу, који се на овај начин буду добили, укључе у општи информациони систем, као један од његових делова. Ово је веома битно, с`обзиром да се из тих података могу извести закључци који ће омогућити побољшање одржавања овог дела аутопута. Овај систем ће омогућити добијање статистичких података о преоптерећењу возила, пошто се статистички подаци на основу мерења оптерећења која су вршена на „стари начин“ нису водила. Без обзира на увођење нових система, Управљач путевима би уз врло мала улагања у информациони систем, могао да систематизује податке који се добијају мерењем оптерећења возила на досадашњи начин.

Прави резултати овог почетног коришћења WIM система на нашим путевима моћи ће да се анализирају тек у годинама које следе. У сваком случају, треба тежити да се што већи број главних путних праваца „покрије“ овим системом, да би подаци који се добију из мерења имали свој стварни смисао.

Искуства земаља које ове системе примењују много дуже него Република Србија, говори да је ово један комплесан проблем у чије решавање треба да буду укључени сви: надлежна Министарства саобраћаја и правде, Одељење за инспекцијске послове државних путева, полиција и управљач путевима „Путеви Србије“.

#### 4. ЗАКЉУЧЦИ

Преоптерећење возила која се крећу путевима у Републици Србији је један од битних узрока пропадања коловозне конструкције. Овај закључак није поткрепљен званичним подацима. Без обзира што се оптерећење теретних возила контролише с времена на време, подаци који се том приликом добијају нису искоришћени како треба, јер се не анализирају довољно. Сврха анализе тих података је стављање под контролу овог аспекта саобраћаја, што је важно из више разлога. Пропадање коловозне конструкције има вишеструке импликације које се на крају свде на велике трошкове за државу.

Коришћење савремених уређаја за мерење преоптерећења као што је WIM систем, уз постојеће информационе системе, омогућава да се добије стварна слика колико је овај проблем изражен на путевима. Република Србија је тек почела са имплементацијом овог система, али то не мора да буде отежавајућа околност. Сагледавајући предности и проблеме које су имале државе при коришћењу ових система, могли би да избегнемо неке непотребне кораке кроз које су други морали да прођу.

Добро осмишљен програм треба да укључи све заинтересоване стране и поступке којима треба да свако, са своје стране, допринесе да се обезбеди управљање преоптерећењем од стране возила. Програм треба да дефинише одговорности и обавезе учесника, да предвиди кораке свих учесника кроз цео планирани временски период посматрања и имплементације, као и да обезбеди механизме да добијени подаци и закључци из овог програма добију системски карактер.

Увођење изградње WIM система у Републици Србији предлажемо по следећим фазама:

- *Прва фаза* – уградња мерног система у коловоз који је повезан са централним праћењем, Сврха: добијање података да ли је локација добро одабрана или треба да се промени;
- *Друга фаза* – изградња портала који обезбеђује идентификацију возила, Сврха: контрола преоптерећења и идентификација највећих прекршилаца;
- *Трећа (коначна) фаза* - изградња стационарних система који би законски мерили преоптерећење или усвојити у закону да је мерење оптерећења возила у покрету законска категорија.

**Захвале:**

Звонку Марковићу из „Србијааутопута“	за идеју за рад
Горану Кањевцу из „Путева Србије“	за помоћ за израду поглавља 3.3
Душану Илкићу из „Путева Србије“	за помоћ за израду поглавља 3
Александру Митићу из „Института за путеве“	за помоћ за визуелни изглед рада
Душици Дрндарски из „Института за путеве“	за помоћ за визуелни изглед рада
Јелени Добриловић из „Института за путеве“	за помоћ у прикупљању литературе

**Литература**

- [1] Радојковић З. 1980. *Прилог проучавању деловања саобраћајног оптерећења на коловозне конструкције*. Пут и саобраћај бр. 11 – 12.
- [2] Wilde W. J., P.E. (2014). *Assessing the Effects of Heavy Vehicles on Local Roadways*. Center for Transportation Research and Implementation Minnesota State University, Mankato. 49 p.
- [3] CSIR, Roads and Transport Technology (1997). *The damaging effects of overloaded heavy vehicles on roads*. Department of Transport, Directorate: Traffic Control, Republic of South Africa.
- [4] Varin P., Saarenketo T. (2014). *Effect of Axle and Tyre Configurations on Pavement Durability - A prestudy*. Roadex Network, for better rural roads. 54 p.
- [5] Pais J. C., Amorim S. I. R., Minhoto M. J. C. 2013. *Impact of Traffic Overload on Road Pavement Performance*. Journal of Transportation Engineering, DOI: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000571.
- [6] Huhtala M. 1995. *The Effect Of Wheel Loads On Pavements*. Road transport technology - 4.
- [7] Lova S. *5F-1 Pavement Thickness Design Parameters*. (2019). Statewide Urban Design and Specifications. 28 p.
- [8] Брауновић П. 1993. *Методологија предвиђања трајне деформације – колотрага асфалтних слојева*. Пут и саобраћај бр. 1-4.
- [9] платформа за осовинска мерења (on-line) available at <http://www.merila.rs/platforme-za-osovinsko-merenje.html>
- [10] колска – друмска метална вага (on-line) available at <http://www.merila.rs/kolske-metalne-vage.html>
- [11] Јоксич З. 1981. *Завршен пројекат „Истраживање оптималних димензија и структура коловозних конструкција ауто-пута зависно од величине саобраћаја и спољних услова“*. Пут и саобраћај бр. 11-12.
- [12] Група аутора. 1984. *Грађење и одржавање коловозних конструкција*. Пут и саобраћај бр. 9-12.
- [13] Presentation „Weigh – in – Motion in the Netherlands, The WIM – a network of the Ministry of Transport“ 13 – 04 – 2006.
- [14] ИЗВЕШТАЈ О СТАЊУ НОСИВОСТИ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НА РЕГИОНАЛНОМ ПУТУ Р-207, Деоница: Драгиње 1 – Шабачка Каменица, Институт за путеве, Одељење за коловозне конструкције, 2006.год.
- [15] Група аутора. (1981). *Студија узрока појаве колотрага на београдским коловозима*. Институт за путеве.
- [16] Косач С. 1978. *Контрола тежине друмских теретних возила*. Пут и саобраћај бр. 5-6.
- [17] ЈП „Путеви Србије”. website – део: Бројање саобраћаја. <http://www.putevi-srbije.rs/index.php/бројање-саобраћаја>

- [18] Закон о безбедности саобраћаја. (on-line) available at: [https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_bezbednosti\\_saobracaja\\_na\\_putevima.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_bezbednosti_saobracaja_na_putevima.html) (02.08.2019)
- [19] Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима. „Сл. гласник РС“ бр. 40/2012, 102/2012, 19/2013, 41/2013, и 102/2014.

## PROIZVODNJA ENERGIJE IZ KOMUNALNOG OTPADA

**Zorana Naunović**

Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd  
znaunovic@grf.bg.ac.rs

**Rezime:** Grad Beograd je u postupku uspostavljanja novog sistema upravljanja komunalnim otpadom kroz projekat javno-privatnog partnerstva. Projekat obuhvata remedijaciju postojeće nesanitarnе deponije Vinča, izgradnju nove sanitarnе deponije i postrojenja za tretman građevinskog otpada, kao i iskorišćenje otpada nakon izdvajanja reciklabilnih komponenti u energetske svrhe. Postrojenje za insineraciju otpada će imati kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije. U radu je prikazana procena uticaja korišćenja komunalnog otpada kao energenta umesto uglja i prirodnog gasa na emisije gasova staklene bašte. Procenjena je i količina električne i toplotne energije koja se dobija insineracijom otpada u odnosu na ukupnu potrošnju energije u Beogradu.

**Ključne reči:** insineracija, otpad kao energent, emisije gasova staklene baste.

## PRODUCTION OF ENERGY FROM MUNICIPAL WASTE

**Zorana Naunović**

University of Belgrade - Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia  
znaunovic@grf.bg.ac.rs

**Abstract:** The City of Belgrade is in the process of establishing a new waste management system through a public-private partnership. The project includes the construction of a municipal waste to energy recovery system. The recovery system is designed as a combined heat and power municipal solid waste mass burn incinerator. The impact of utilizing residual municipal solid waste for the generation of heat and power in lieu of coal and natural gas was assessed in terms of the reduction of greenhouse gas emissions. The contributions of energy derived from the waste to energy facility to the total energy consumption in Belgrade were also evaluated.

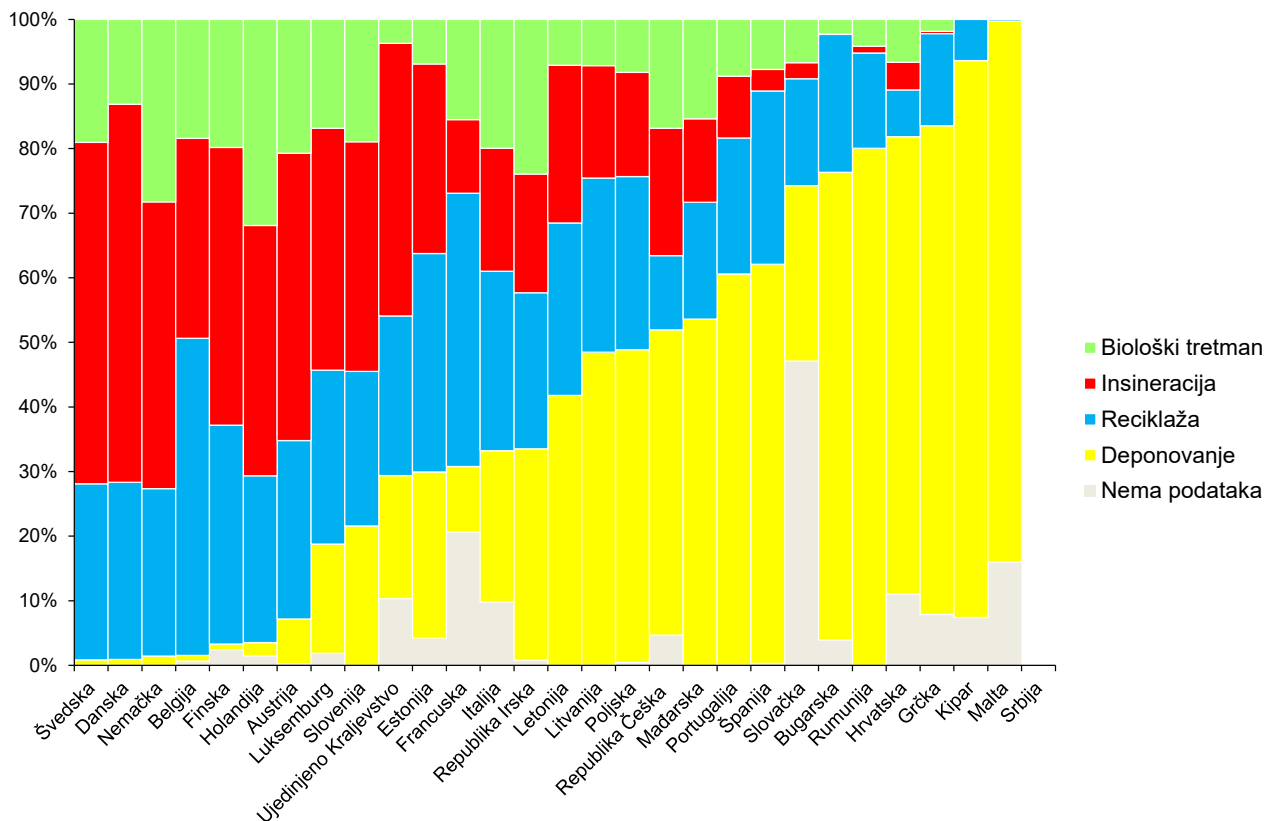
**Keywords:** incineration, waste to energy, greenhouse gas emissions.

### 1. UVOD

Otpad nastaje usled aktivnosti kao što su proizvodnja i potrošnja energije, hrane, dobara i različitih proizvoda. U Evropskoj uniji u 2016. godini najveći deo otpada poticao je od građenja i rušenja (36,4%), iz eksploatacije ruda i mineralnih sirovina (25,3%) i iz industrije (10,3%) [1]. Oko 8,5% otpada činio je otpad iz domaćinstva. Otpad iz domaćinstva pripada kategoriji komunalnog otpada, koji uključuje i drugi otpad koji zbog svoje prirode ili sastava sličan otpadu iz domaćinstva.

Komunalni otpad je specifičan usled raznovrsnog sastava na koji utiču ekonomska razvijenost, stepen industrijalizacije i potrošačke navike stanovništva. U nerazvijenim državama, najveći deo komunalnog otpada je organskog porekla, dok sa porastom životnog standarda u razvijenijim državama raste udeo papira, kartona, plastike, metala i stakla. Pravilo je da stanovnici razvijenih država stvaraju više komunalnog otpada nego stanovnici država u razvoju. U Evropskoj uniji se u proseku stvara oko 1,3 kg komunalnog otpada po stanovniku dnevno [2], a u Srbiji oko 0,85 kg komunalnog otpada po stanovniku dnevno [3].

Metode upravljanja komunalnim otpadom su reciklaža, insineracija, biološki tretman i deponovanje. Na slici 1 prikazana je zastupljenost pojedinih metoda upravljanja komunalnim otpadom u državama Evropske unije i u Srbiji [2][3]. Uočljivo je da je deponovanje otpada najzastupljenija opcija upravljanja komunalnim otpadom u siromašnijim državama, dok se stepen reciklaže i insineracije otpada povećava sa povećanjem ekonomske razvijenosti država.



**Slika 1.** Zastupljenost metoda upravljanja komunalnim otpadom u Evropskoj uniji i Srbiji u 2017. godini (prema podacima iz [2] i [3])

Insineracija (spaljivanje) je termički tretman otpada. Insineracijom se zapremina otpada smanjuje za oko 90%, a masa za 70% do 80%. Energija koja se dobija iz procesa insineracije može se iskoristiti za dobijanje toplotne i električne energije.

U postrojenjima za insineraciju otpada (insineratori) spaljuje se netretirani komunalni otpad ili komunalni otpad iz kojeg su već odvojene reciklabilne i biorazgradive frakcije. Postrojenje za insineraciju otpada čine različite konstrukcije peći i kotlova sa pratećom opremom potrebnom za prethodnu pripremu materijala radi obezbeđenja efikasnog sagorevanja otpada, kontrole emisija i energetskog iskorišćenja toplote koja nastaje u procesu oksidacije otpada. U postrojenjima za insineraciju temperatura procesnih gasova mora da dostigne najmanje 850°C i vreme zadržavanja na toj temperaturi mora biti najmanje dve sekunde [4]. Ovim tehničkim kriterijumom obezbeđuje se efikasno sagorevanje otpada i sprečava formiranje organskih jedinjenja štetnih po zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Pri sagorevanju otpada izdvajaju se toplotna energija, procesni gasovi i čvrsti ostatak. Energija koja se dobije sagorevanjem otpada može se koristiti direktno kao toplota za grejanje bojlerske vode (koja se koristi u sistemima daljinskog grejanja) ili indirektno za pokretanje gasne turbine i prevođenja u električnu energiju. Čvrste ostatke nakon sagorevanja otpada čine šljaka i pepeo iz ložišta. Iz ovih ostataka mogu se izdvojiti metali za reciklažu kao što su gvožđe, aluminijum i bakar. Šljaka i pepeo se mogu upotrebiti u građevinarstvu kod izgradnje nasipa i puteva ukoliko se analizom pokaže da neće doći do luženja zagađujućih materija koje mogu biti prisutne u šljaci i pepelu. Šljaka i pepeo se mogu odložiti i na deponije.

Procesni gasovi nastaju tokom sagorevanja (oksidacije) otpada i sastoje se uglavnom od suspendovanih čestica, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl i HF. Procesni gasovi mogu sadržati i teške metale ukoliko su bili prisutni u tretiranom komunalnom otpadu. Za prečišćavanje procesnih gasova koristi se kombinacija više tipova uređaja u nizu da bi se zadovoljile granične vrednosti emisije zagađujućih materija propisane Uredbom o vrstama otpada za koje se vrši termički tretman, uslovima i kriterijumima za određivanje lokacije, tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja za termički tretman otpada, postupanju sa ostatkom nakon spaljivanja [4].



Insineracija zahteva visoke investicione i eksploatacione troškove, koji se delom mogu nadoknaditi prodajom električne i toplotne energije. Veliki deo troškova nastaje usled potrebe za sofisticiranim sistemom za prečišćavanje otpadnih gasova da bi se zadovoljile granične vrednosti emisije zagađujućih materija propisane zakonskom regulativom. Insineracijom komunalnog otpada ostvaruju se značajni pozitivni efekti kao što su:

- smanjenje količine otpada koji se odlaže na deponije (produžava se radni vek deponija);
- proizvodnja toplotne i električne energije.

Proizvodnjom toplotne i električne energije iz komunalnog otpada može se smanjiti potreba za proizvodnjom energije iz uglja koja prati i smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte koji u tom procesu nastaju.

## 2. UPRAVLJANJE KOMUNALNIM OTPADOM U BEOGRADU

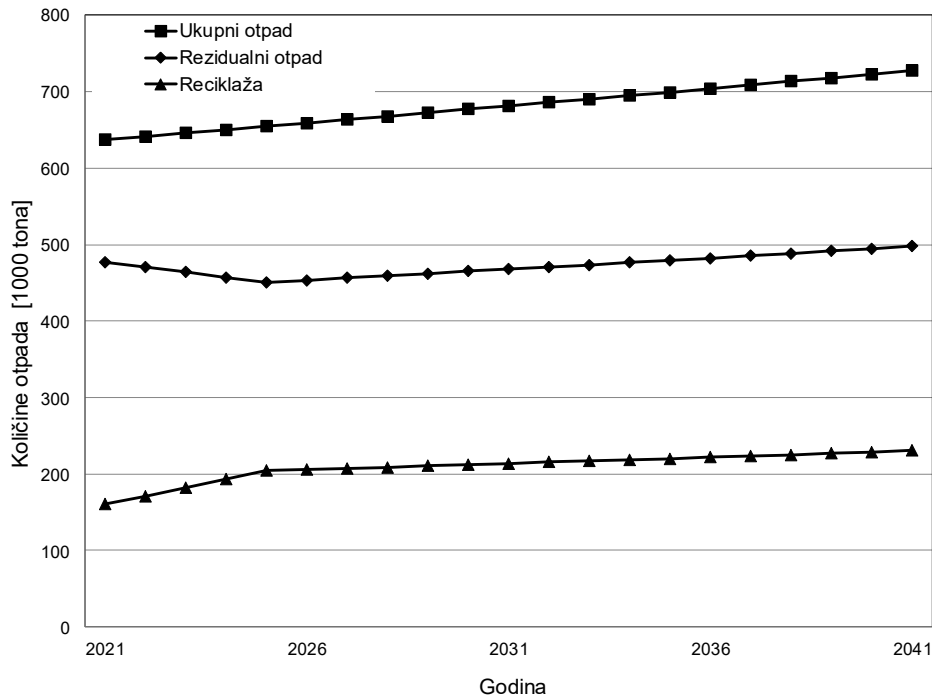
Komunalni otpad u Beogradu sakuplja sedam različitih komunalnih preduzeća, koja ga odlažu na pet nesantitarnih deponija. Najveće javno komunalno preduzeće „Gradska čistoca“ opslužuje jedanaest opština koje stvaraju oko 85% komunalnog otpada u Beogradu. Postojeća praksa upravljanja komunalnim otpadom uključuje ograničeno recikliranje i odlaganje otpada na nesantitarnoj deponiji „Vinča“ koja se nalazi na oko 15 km od Beograda, na desnoj obali Dunava. Deponija je u funkciji od 1978. godine i zauzima površinu od oko 70 ha, gde telo deponije ima površinu od 45 ha i visinu od 5 do 50 m. Na deponiji nema sakupljanja deponijskog gasa i procednih voda. Ispod tela deponije protiče Ošljanski potok, koji se uliva u Ošljansku baru [5].

U Beogradu je u toku uspostavljanje novog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom kroz projekat javno-privatnog partnerstva. Projekat obuhvata remedijaciju nesantitarne deponije Vinča, izgradnju nove sanitarne deponije i postrojenja za tretman građevinskog otpada, kao i iskorišćenje otpada nakon izdvajanja reciklabilnih komponenti u energetske svrhe [6][8]. Sakupljanje, reciklaža i transport otpada do novog postrojenja i deponije u Vinči ostaju u nadležnosti JKP „Gradska čistoca“.

Postrojenje za insineraciju otpada će imati kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije i kapacitet da tretira 340.000 tona komunalnog otpada godišnje. Tehnološki postupak koji je izabran je insineracija heterogenog otpada na pokretnoj rešetki. Ova tehnologija ima široku primenu u Evropi i pogodna je za tretman različitih vrsta otpada, i prema sastavu i kalorijskoj vrednosti [9],[10]. Predviđeno je da će insinerator imati instalisani proizvodni kapacitet od 29 MW za električnu energiju i 56,5 MW za toplotnu energiju [5].

## 2. KARAKTERIZACIJA OTPADA I PROIZVODNJA ENERGIJE

Planirano je da se kroz projekat javno-privatnog partnerstva tretira komunalni čvrsti otpad iz 13 opština koje generišu oko 90% ukupnog komunalnog otpada u Beogradu [6]. Oko 80% komunalnog otpada iz ovih opština je otpad iz domaćinstava dok je ostatak komercijalni otpad. Predviđen je rast stope reciklaže do 23% iz domaćinstava i 55% za komercijalni otpad, što će ukupnu stopu recikliranja komunalnog otpada podići na 32%. Na slici 2 prikazane su predviđene količine ukupnog otpada, količine otpada koji se reciklira i količine rezidualnog otpada (otpada iz kog su prethodno izdvojene reciklabilne komponente) tokom rada postrojenja za insineraciju. Analizom predviđene količine otpada, koja je prikazana na slici 2, postrojenje za insineraciju moći će da tretira oko 66% rezidualnog otpada.



**Slika 2.** Predviđene količine komunalnog čvrstog otpada u Beogradu (prema podacima iz [6])

Sastav komunalnog čvrstog otpada i donja toplotna moć komponenti otpada prikazani su u tabeli 1. Podaci o sastavu ukupnog otpada preuzeti su od Sekretarijata za zaštitu životne sredine grada Beograda [6], dok je procena sastava rezidualnog otpada zasnovana na stopama recikliranja komponenti ambalažnog otpada koji su propisani u evropskoj Direktivi EU 2018/852 o ambalaži i ambalažnom otpadu [11]. Direktiva je sastavni deo novog paketa mera cirkularne ekonomije Evropske unije. U okviru predloga postavljeni su sledeći ciljevi za reciklažu komponenti ambalažnog otpada do 2025. godine: 75% za papir i karton; 50% za plastiku; 70% za staklo; 70% za obojene metale; 50% za aluminijum i 25% za drvo. Za izračunavanje toplotne vrednosti rezidualnog čvrstog komunalnog otpada, pretpostavka je da će navedeni ciljevi za reciklažu biti ispunjeni tokom rada insineratora. Vrednosti za donju toplotnu moć pojedinih komponenti otpada preuzete su iz literature [12][14]. Izračunato je da su donje toplotne moći ukupnog i rezidualnog otpada  $10,6 \text{ MJ kg}^{-1}$  i  $8,7 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

**Tabela 1.** Sastav komunalnog čvrstog otpada i donja toplotna moć komponenti otpada u Beogradu

Fracija [%]	Ukupni otpad	Rezidualni otpad	Donja toplotna moć vlažne frakcije [ $\text{MJ kg}^{-1}$ ]
Prehrambeni otpad	26,3	37,8	3,8
Papir i karton	22,2	8,0	12,2
Plastika	13,9	10,0	35,3
Tekstil	3,9	5,6	18,5
Pelene	4,0	5,8	11,1
Koža	1,1	1,6	22,9
Baštenski zeleni otpad	6,7	9,6	5,9
Drvo	1,1	1,2	15,6
Staklo	5,5	2,4	0
Metali	3,6	2,0	0
Inertan otpad	11,2	16,1	0
Opasni otpad	0,5	0	0
Ukupno	100	100	

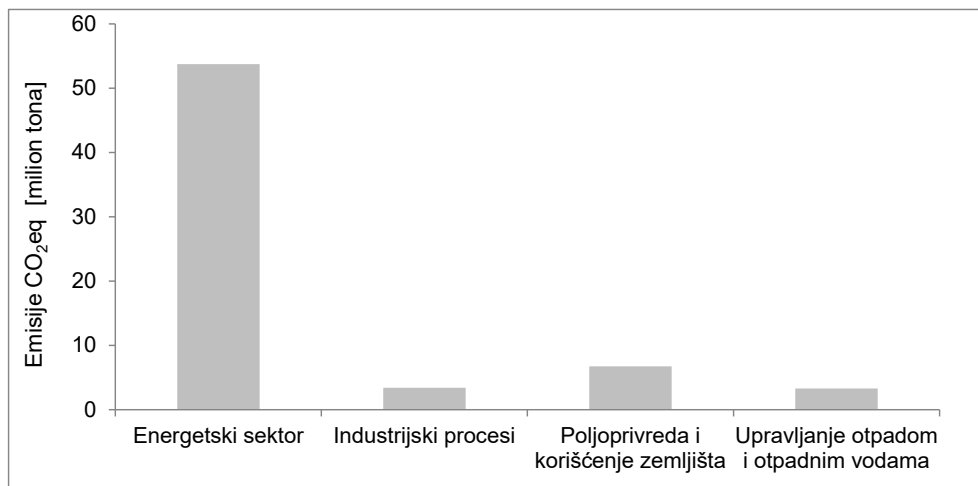
Projektovana nominalna električna snaga insineratora iznosi 29 MW i ona se ostvaruje pri letnjem kondenzacionom režimu rada. U slučaju kogeneracije (zimski toplifikacioni režim rada), proizvodni kapacitet insineratora je 20,5 MW električne energije i 56,5 MW toplotne energije [5]. Insinerator će godišnje generisati oko 192 GWh električne energije godišnje i 175 GWh toplotne energije [5].

Potrošnja električne energije u domaćinstvima u Beogradu tokom 2017. godine iznosila je 3.864 GWh [15]. Insineracijom komunalnog otpada obezbediće se oko 5% od potražnje električne energije u domaćinstvima Beograda. Procenjeno je da je u Beogradu u 2017. godini živelo 1,8 miliona stanovnika [15]. Prosečan broj članova domaćinstava u Beogradu je, prema popisu stanovništva iz 2011. godine, bio 2,7 [15]. Prema ovim podacima, insineracijom komunalnog otpada moći će da se obezbedi električna energija za oko 33.000 domaćinstava.

Potrošnja toplotne energije u 311.730 stanova koji su bili priključeni na sistem daljinskog grejanja tokom grejne sezone 2017/2018 u Beogradu iznosila je 2.147 GWh [15]. Insinerator sa nominalnim kapacitetom sagorevanja od 340.000 tona komunalnog otpada godišnje proizvodi oko 175 GWh toplotne energije, što je 8% ukupne toplotne energije isporučene stanovima tokom grejne sezone 2017/2018 u Beogradu ili dovoljno toplotne energije za grejanje oko 25.400 stanova.

### 3. EMISIJE GASOVA STAKLENE BAŠTE

Ukupne emisije gasova staklene bašte u Srbiji u 2014. godini iznosile su 67,1 miliona tona CO<sub>2</sub>eq [16]. Najveći deo emisija gasova staklene bašte potiče iz energetskog sektora u iznosu od oko 80% ukupnih emisija [16]. Slede emisije iz poljoprivrede i korišćenja zemljišta i industrijskih procesa. Oko 5% od ukupnih emisija gasova staklene bašte potiče od upravljanja čvrstim otpadom i otpadnim vodama, što je prikazano na slici 3.



**Slika 3.** Emisije gasova staklene bašte u Republici Srbiji u 2014. godini (prema podacima iz [16])

Prema metodologiji Međuvladinog panela o klimatskim promenama, proračun količine emitovanih gasova staklene bašte koji nastaju usled insineracije otpada vrši se na osnovu sastava otpada, tj. procentualnog prisustva komponenti otpada koje su nastale upotrebom neobnovljivih resursa (plastika, tekstil, guma, pelene) i sadržaja suve materije u tim komponentama otpada [17].

Usled nedostatka merenja sadržaja suve materije, odnosno udela vlage u različitim frakcijama otpada u Beogradu, preuzeti su izmereni podaci za komunalni otpad u Novom Sadu [18]. Izračunato je da faktori emisije gasova staklene bašte za insineraciju ukupnog otpada i rezidualnog otpada (tabela 1) iznose 296 i 228 kg CO<sub>2</sub>eq po toni otpada. Za reprezentativnu vrednost tokom operativnog perioda insineratora uzeta je srednja vrednost faktora emisije gasova staklene bašte za insineraciju otpada od 262 kg CO<sub>2</sub>eq po toni otpada. Godišnja vrednost emisija gasova staklene bašte nastalih insineracijom otpada iznosi 89.029 tona CO<sub>2</sub>eq.

Izbegnute emisije gasova staklene bašte usled delimične zamene fosilnih goriva koja se koriste za generisanje toplotne i električne energije u Beogradu kvantifikovane su na osnovu faktora emisije gasova staklene bašte za termoelektrane koje koriste lignit kao pogonsko gorivo i za sisteme daljinskog grejanja na bazi prirodnog gasa od 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq po kWh i 0,26 kg CO<sub>2</sub>eq po kWh, redom [19]. S obzirom da insinerator može godišnje da proizvede 192 GWh električne energije i 175 GWh toplotne energije [5], neto izbegnute

emisije gasova staklene bašte usled upotrebe komunalnog otpada kao energenta umesto uglja i prirodnog gasa iznose 0,28 miliona tona CO<sub>2</sub>eq godišnje.

#### 4. ZAKLJUČAK

Analizom potrošnje energije u Beogradu i potencijala generisanja električne i toplotne energije insineracijom otpada, izračunato je da bi beogradski insinerator mogao da obezbedi oko 5% od potražnje električne energije u domaćinstvima i oko 8% od potražnje toplotne energije u stanovima priključenim na sistem daljinskog grejanja. Upotreba komunalnog čvrstog otpada umesto uglja i prirodnog gasa smanjuje emisije gasova staklene bašte iz energetskog sektora i povećava udeo obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji energije.

#### Literatura

- [1] Evropska komisija (European Commission) (2019). Waste statistics. Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics)
- [2] Evropska komisija (European Commission) (2019). Municipal waste statistics. Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal\\_waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics)
- [3] Agencija za zaštitu životne sredine (2019) Upravljanje otpadom u Republici Srbiji od 2011. do 2018. godine.
- [4] Uredba o vrstama otpada za koje se vrši termički tretman, uslovima i kriterijumima za određivanje lokacije, tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja za termički tretman otpada, postupanju sa ostatkom nakon spaljivanja (2010, 2012). Službeni glasnik Republike Srbije br. 102/10 i 50/12.
- [5] Beo Čista Energija (2019). Studija o proceni uticaja na životnu sredinu projekta: Postrojenje za energetska iskorišćenje komunalnog otpada i deponijskog gasa „Vinča“ u Beogradu.
- [6] Grad Beograd, Gradska uprava - Sekretarijat za zaštitu životne sredine (2015). Prateća dokumentacija uz poziv za podnošenje kvalifikacija za projekat JPP grada Beograda za pružanje usluga tretmana i odlaganja komunalnog otpada.
- [7] Grad Beograd, Gradska uprava - Sekretarijat za zaštitu životne sredine (2016). Konkursna dokumentacija za fazu dijaloga za projekat JPP grada Beograda za pružanje usluga tretmana i odlaganja komunalnog otpada.
- [8] SUEZ (2017). The city of Belgrade chooses SUEZ and ITOCHU for a 25-year waste-to-energy project (on-line) available at: <https://www.suez.com/en/News/Press-Releases/The-city-of-Belgrade-chooses-SUEZ-and-ITOCHE>
- [9] European Commission (2006). Reference document on the best available techniques for waste incineration.
- [10] Lombardi, L.; Carnevale, E.; Corti, A. (2015). A review of technologies and performances of thermal treatment systems for energy recovery from waste. *Waste management*, 37, 26-44.
- [11] Directive EU 2018/852 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 Amending Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste (2018). Official Journal of the European Union L 150/141.
- [12] Riber, C.; Petersen, C.; Christensen, T. H. (2009). Chemical composition of material fractions in Danish household waste. *Waste Management*, 29(4), 1251-1257.
- [13] Athanasiou, C. J.; Tsalkidis, D. A.; Kalogirou, E.; Voudrias, E. A. (2015). Feasibility analysis of municipal solid waste mass burning in the Region of East Macedonia - Thrace in Greece. *Waste Management & Research*, 33(6), 561-569.
- [14] Komilis, D.; Evangelou, A.; Giannakis, G.; Lymperis, C. (2012). Revisiting the elemental composition and the calorific value of the organic fraction of municipal solid wastes. *Waste management*, 32(3), 372-381.
- [15] Grad Beograd, Sekretarijat za upravu - sektor statistike (2018). Statistički godišnjak Beograda 2017.
- [16] Ministarstvo zaštite životne sredine (2017). Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime.
- [17] Eggleston, S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (2006). *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Vol. 4). Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- [18] Batinic, B.; Stanisavljevic, N.; Ubavin, D.; Vujic, G. (2013) Determining moisture content in different fractions of MSW - Case study of Novi Sad, *Proceeding of the International Solid Waste Association World Congress*, Vienna, Austria.

- [19] Fruergaard, T.; Astrup, T.; Ekvall, T. (2009). Energy use and recovery in waste management and implications for accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste management & research*, 27(8), 724-737.

## USAGLAŠAVANJE PROJEKTNE I PLANSKE DOKUMENTACIJE SA OGRANIČENJIMA U PROSTORU I INTERESIMA LOKALNE ZAJEDNICE – PRIMER KORIDORA AUTOPUTA POŽEGA-BOLJARE

dr Nebojša Stefanović<sup>1</sup>, dr Saša Milijić<sup>2</sup>, Danijela Srnić<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, nebojsa@iaus.ac.rs

**Rezime:** Putni pravac Beograd-Južni Jadran predstavlja saobraćajni krak Trans-evropske magistrale koji povezuje Srbiju i Crnu Goru, za šta se radi idejni projekat i prostorni plan područja posebne namene. Trasa predmetne deonice auto-puta je bila zahtevna u pogledu projektovanja, kao i usaglašavanja sa planovima višeg reda i uslovima nadležnih organa. U toku usaglašavanja projektne i planske dokumentacije razmatralo se više varijanti trase, a posebno u cilju sagledavanja zahteva lokalne zajednice. Nastojalo se usklađivanju i kompromisu između predloga projekta i rešenja Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare (granica sa Crnom Gorom), što je postignuto u visokom stepenu tokom izrade prostornog plana. Na predmetnoj deonici je planirano nekoliko denivelisanih raskrsnica – petlji i razmotreno više varijanti trase, posebno na području Arilja. Osnovni razlog za izradu i donošenje Prostornog plana je stvaranje uslova za realizaciju nacionalnih interesa u oblasti saobraćajne infrastrukture na principima održivog razvoja, što je podrazumevalo i sagledavanje interesa lokalne zajednice.

**Ključne reči:** idejni projekat, prostorni plan, detaljna razrada, trasa, varijanta, lokalna zajednica, interes.

## COORDINATION OF A PROJECT AND PLANNING DOCUMENTATION WITH LIMITATIONS IN THE SPACE AND INTERESTS OF THE LOCAL COMMUNITY – CASE STUDY OF THE CORRIDOR POŽEGA-BOLJARE HIGHWAY

Nebojša Stefanović<sup>1</sup>, Saša Milijić<sup>2</sup>, Danijela Srnić<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Institute of Architecture and Urban/Spatial Planning of Serbia, nebojsa@iaus.ac.rs

**Abstract:** The Belgrade-South Adriatic roadway is the trans-European highway linking Serbia and Montenegro, for which the conceptual design and the spatial plan of the special purpose area are concerned. The route of the section of the highway was challenging in terms of design, as well as compliance with higher order plans and conditions of the competent authorities. During the harmonization of project and planning documentation, several variants of the route were considered, especially in order to examine the requirements of the local community. An attempt was made to harmonize and compromise between the project proposal and the Spatial Plan of the Special Purpose Area of the Infrastructure Corridor Belgrade - South Adriatic, the section Požega-Boljare (the border with Montenegro), which was achieved in a high degree during the development of the spatial plan. On this section, several undivided crossroads are planned - loops and several variants of the route are considered, especially in the Arilje area. The basic reason for the preparation and adoption of the Spatial Plan is to create conditions for the realization of national interests in the field of transport infrastructure on the principles of sustainable development, which also included consideration of the interests of the local community.

**Keywords:** Conceptual Design, Spatial Plan, Detailed Elaboration, Route, Variant, Local Community, Interest.

---

<sup>1</sup> Autor zadužen za korespondenciju: dr Nebojša Stefanović, nebojsa@iaus.ac.rs

## 1. UVOD

Zakonom o Prostornom planu Republike Srbije za period od 2010. do 2020. godine utvrđene su dugoročne osnove organizacije, uređenja, korišćenja i zaštite prostora Republike Srbije u cilju usaglašavanja ekonomskog i socijalnog razvoja sa prirodnim, ekološkim i kulturnim potencijalima i ograničenjima na njenoj teritoriji. Definisana je koncepcija razvoja putnog saobraćaja i putne infrastrukture koja predstavlja sintezu ranije započetih studija i projekata, prema kojoj Republika Srbija predstavlja veliki transportni i saobraćajni centar. Jedan od strateških prioriteta, sa periodom realizacije 2016-2020. godine, u Prostornom planu Republike Srbije, predstavljaju aktivnosti na državnom putu I reda (izgradnja autoputa E-763) deo rute 4 (SEETO) Beograd-Čačak-Požega-Arilje-Ivanjica-Sjenica (Duga poljana)-Boljare.

Zbog toga su pokrenute aktivnosti na izradi Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare (granica sa Crnom Gorom) (autoput E-763), a u skladu sa Odlukom o izradi Prostornog plana („Službeni glasnik RS”, broj 78/17). Uporedo sa izradom Prostornog plana priprema se i Izveštaj o strateškoj proceni uticaja Prostornog plana na životnu sredinu prema Odlukci o izradi Strateške procene uticaja Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare (granica sa Crnom Gorom) (autoput E-763) na životnu sredinu („Službeni glasnik RS”, broj 60/17).

Navedenim aktivnostima prethodila je izrada Generalnog projekta i Prethodna studije opravdanosti za izgradnju autoputa E-763 Beograd-Južni Jadran (Sektor III: Požega – granica sa Crnom Gorom, Boljare). Međutim, Prostorni plan se priprema uporedo sa izradom elemenata Idejnog projekta auto-puta E-763 Beograd-Južni Jadran, što otvara brojna metodološka pitanja i u prvi plan ističe potrebu usaglašavanja planske i projektne/tehničke dokumentacije.

Zbog toga autori u ovom radu polaze od ranije iznetih stavova da je neophodno sadržajno i proceduralno usaglasiti sve faze izrade planske i projektne dokumentacije (Stefanović et al, 2017).

Za izradu Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare, koristi se metodologija koja obuhvata istovremenu razradu planskih rešenja na dva nivoa, i to strateškom nivou prostornog plana i detaljnom nivou urbanističkog plana. Kao takav, Prostorni plan će biti u potpunosti upotrebljiv za izdavanje lokacijskih uslova za potrebe daljeg projektovanja, utvrđivanje javnog interesa i rešavanje imovinskih odnosa. Takav pristup izradi plana, pored pitanja međusobnog usaglašavanja izrade planske i projektne dokumentacije, otvara dodatna pitanja, i to na koji način ograničenja u prostoru i interesi lokalne zajednice utiču ili mogu uticati na izradu planske i projektne dokumentacije.

U ovom radu se iznose iskustva autora i primer usaglašavanja izrade Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare i elemenata idejnog projekta sa ograničenjima u prostoru i interesima lokalne zajednice.

## 2. PRAVNI, PLANSKI I METODOLOŠKI OKVIR IZRADE PROSTORNIH PLANOVA PODRUČJA POSEBNE NAMENE ZA KORIDORE AUTOPUTEVA

Prostorni plan područja posebne namene predstavlja osnovni instrument u procesu planiranja infrastrukturnog koridora autoputa. Cilj izrade plana jeste definisanje planskog osnova i obezbeđenje prostornih uslova za izgradnju i funkcionisanje autoputa, kao i za razvoj drugih infrastrukturnih sistema u koridoru.

Izrada prostornih planova područja posebne namene za infrastrukturne koridore autoputeva je određena osnovnim pravnim i planskim okvirom koji čine Zakon o planiranju i izgradnji, Zakon o putevima, Zakon o Prostornom planu Republike Srbije, Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu i Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja. Činjenica da su za gotovo sve postojeće i planirane koridore auto-puteva u Srbiji urađeni i doneti prostorni planovi područja posebne namene ukazuje na značajna iskustva u njihovom planiranju.

U dosadašnjoj praksi je bilo moguće izdvojiti dva tipa takvih prostornih planova. Prvi, za postojeće deonice auto-puteva, u kojima je akcenat na definisanju prostornog rasporeda i pravila uređenja i građenja za prateće sadržaje, određivanju pojasa zaštite i propisivanju režima korišćenja i uređenja prostora, sagledavanju načina povezivanja sa okruženjem i dr. Drugi, za nove deonice auto-puteva planirane za izgradnju, u kojima se uz navedene elemente definiše koridor auto-puta i sistem obavezujućih pravila za dalju izradu tehničke i planske dokumentacije.

Poslednjih godina planerski i projektantski timovi iznalaze načine prevazilaženja osnovnog problema, a to je međusobno usaglašavanje procesa planiranja i projektovanja koridora autoputeva. Teži se istovremenom planiranju na dva nivoa i rešavanju gotovo svih pitanja u jednom planskom dokumentu, uporedo sa izradom idejnih projekata, odnosno idejnih rešenja trase autoputeva. Kako bi takav koncept planiranja područja koridora autoputeva opstao neophodno je, počev od zakonodavne regulative pa sve do dokazivanja u praksi, sadržajno i proceduralno usaglasiti sve faze izrade planske i projektne/tehničke dokumentacije.

U sadržajnom pogledu akcenat u izradi prostornog plana područja posebne namene jeste: sagledavanje i definisanje načina i uslova uklapanja sistema u širi prostor; integralno planiranje prostornog razvoja (zaštita i korišćenje prirodnih resursa, demografski trendovi, funkcionisanje mreže naselja, privrede, turizma, zaštita prirodnih i kulturnih dobara i sl.); definisanje zaštitnih pojaseva i zona; način ostvarivanja veza sa okruženjem; povezivanje sa mrežom puteva regionalnog i lokalnog značaja u širem kontekstu; provera i potvrda rešenja kroz međusektorsku saradnju i koordinaciju (uslovi, mišljenja, saglasnosti); obezbeđenje javnosti i demokratičnosti postupka (stručne rasprave, javni uvidi); strateška procena uticaja na životnu sredinu; stvaranje osnova za rešavanje imovinskih odnosa na zemljištu; i dr.

U tom slučaju akcenat u izradi projektne/tehničke dokumentacije jeste: sprovođenje prethodnih radova (prikupljanje i obrada podataka); određivanje makrolokacije objekta (koridora); definisanje, vrednovanje i izbor varijantnih prostornih i tehničkih rešenja; sagledavanje saobraćajne, tehničko-tehnološke i ekonomske opravdanosti; određivanje mikrolokacije objekta (trase); sagledavanje troškova izgradnje i održavanja; procena uticaja na životnu sredinu; stvaranje osnova za izgradnju; i dr.

Pored toga, iskustva izrade Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare, u prvi plan su istakla i aktivnu implementaciju politike učešće javnosti u postupku izrade, a naročito u pogledu uticaja na izbor pojedinih planskih rešenja. Kao jedan od osnovnih ciljeva dugoročnog razvoja, korišćenja i uređenja područja Prostornog plana istaknuto je utvrđivanje smernica za razmeštaj i podrške razvoju stanovništva, naselja i aktivnosti, uz uvažavanje socijalnih kriterijuma, kao i omogućavanje ostvarenja održivog razvoja poljoprivredne proizvodnje u zoni uticaja koridora i maksimalno očuvanje postojećeg kvaliteta poljoprivrednog zemljišta.

### **3. PROSTORNI PLAN PODRUČJA POSEBNE NAMENE INFRASTRUKTURNOG KORIDORA AUTOPUTA BEOGRAD – JUŽNI JADRAN, DEONICA POŽEGA-BOLJARE (GRANICA SA CRNOM GOROM)**

Granica Prostornog plana određena je na osnovu koridora autoputa E-763, deonica Požega-Boljare, u širini od 700 m (po 350 m od ose koridora auto-puta) koja obuhvata pojas auto-puta, zaštitni pojas i pojas kontrolisane izgradnje, u ukupnoj dužini od oko 106 km. Granicom Prostornog plana obuhvaćeni su delovi teritorija jedinica lokalne samouprave Požege, Arilja, Ivanjice i Sjenice.

Prostornim planom obuhvaćeni su postojeći i planirani koridori drugih magistralnih infrastrukturnih sistema sa trasom i zaštitnim pojasevima (neposrednim i širim) koji su u obuhvatu planskog područja.

Evropski put E-763 (SEETO ruta 4) duž pravca državnog puta I reda Beograd-Čačak-Požega-Arilje-Ivanica-Sjenica(Duga poljana)-Boljare ima saobraćajnu funkciju I reda koja podrazumeva međusobno povezivanje državnih (makroregionalnih) saobraćajnih težišta, odnosno prekogranično povezivanje centara sličnog značaja. Predmetna deonica auto-puta pripada navedenom međunarodnom putnom pravcu, čija je funkcija daljinsko povezivanje većih saobraćajnih čvorišta.

Analiza razvijenosti postojeće putne mreže pokazala je da je gustina mreže državnih puteva I i II reda u regionu ispod proseka u Republici Srbiji, dok je i gustina lokalne putne mreže ispod proseka (Saobraćajna



studija Generalnog projekta), što ukazuje da je na predmetnom prostoru ugrožena funkcija opsluživanja postojeće putne mreže. Stoga je neophodno posebnu pažnju obratiti na to da budući put najvišeg funkcionalnog ranga ne ugrozi mogućnost razvoja lokalne putne mreže, naročito u zonama naselja.

Koridor autoputa E-763, deonica Požega-Boljare, počinje od petlje „Prilipac“ na deonici auto-puta Požega-Kotroman kod Požege, dok se završava u zoni planiranog graničnog prelaza Boljare.

Širina eksploatacionog pojasa (putnog zemljišta) sa jedne strane autoputa, pre svega usled složene konfiguracije terena, kreće se od 35m do 70m od osovine autoputa. Ukupna širina koridora autoputa (pojas autoputa, zaštitni pojas, pojas kontrolisane izgradnje) iznosi prosečno oko 700m, što ujedno predstavlja i konačnu granicu Prostornog plana.

Koridor autoputa se do Arilja i Ivanjice pruža po ravničarskom i blago brdovitom terenu. U zoni Arilja i Ivanjice koridor se pruža dolinom reke Moravice i zaobilazi naselja sa istočne strane, gde ulazi u izrazito brdoviti i planinski teren. Posle Ivanjice koridor ulazi u planinski predeo i prolazi između padina Javora na zapadu i Golije na istoku, penje se na Peštersku visoravan kojom se u pravcu juga, pored Sjenice pruža do graničnog prelaza Boljare.

Na koridoru autoputa planirana je izgradnja petlji, u cilju povezivanja auto-puta sa okolnim naseljima i putnom mrežom nižeg ranga. Uz koridor autoputa obezbeđeno je funkcionisanje i alternativnog putnog pravca, kojim se omogućava obavljanje saobraćaja van sistema naplate putarine.

Koridor autoputa E-763, deonica Požega-Boljare, počinje posle planirane petlje „Prilipac“ koja se nalazi u obuhvatu koridora autoputa, deonice Požega-Kotroman, odnosno koja je van obuhvata ovog prostornog plana. Međutim, ova petlja ima funkciju povezivanja naselja Arilje i seoskih naselja u okolini Arilja i u severnom delu opštine Arilje sa koridorom auto-puta. Ovim prostornim planom utvrđen je položaj pet planiranih petlji na deonici autoputa E-763 Požega-Boljare, i to: (1) petlja „Prilike“ u funkciji veze autoputa sa državnim putem IB reda broj 21, te posredno preko njega sa građevinskim područjem Ivanjice i naseljima u severnom delu opštine Ivanjica i južnom delu opštine Arilje; (2) petlja „Međurečje“ u funkciji veze autoputa sa državnim putem IIA reda br. 197 i posredno preko njega prvenstveno sa područjem Parka prirode Golija; (3) petlja „Kovilje“ u funkciji veze autoputa sa naseljima razbijenog tipa na zapadnim padinama Golije i istočnim padinama Javora, odnosno u funkciji iniciranja razvoja tog područja, kao i pristupa turističkom lokalitetu manastira Kovilje; (4) petlja „Duga poljana“ u funkciji veze autoputa sa državnim putem IB reda broj 29, i posredno preko njega sa opštinskim centrom i širim područjem Sjenice, zatim sa Tutinom i Novim Pazarom na jugoistoku, kao i sa područjem Zlatara i Zlatibora, odnosno Nove Varoši, Prijepolja i Priboja na severozapadu; i (5) petlja „Cetanoviće-Buđevo“ u funkciji veze autoputa sa državnim putevima IIA reda br. 197 i 202, sa funkcijom sekundarnog pravca povezivanja sa Sjenicom i Tutinom, kao i sa funkcijom povezivanja naselja i područja Pešterske visoravni sa koridorom autoputa. Planirane petlje „Kovilje“ i „Cvetanoviće-Buđevo“ predstavljaju prioritete drugog reda, čija se realizacija planira nakon realizacije petlji „Prilike“, „Međurečje“ i „Duga poljana“.

U odnosu prema naseljima, predmetna deonica autoputa najvećim delom nalazi se van područja naselja. Jednim svojim delom, koridor se nalazi u zoni naselja, odnosno tangira područja Arilja i Ivanjice. Dominantna funkcija na području naselja jeste vođenje tranzitnih tokova i povezivanje raskrsnica i putne mreže naselja sa planiranim petljama na autoputu. Način povezivanja naselja sa autoputom mora biti usklađen sa funkcionalnim rangom pristupnog puta, sa jedne strane i potrebama razvoja naselja, sa druge strane.

Autoput E-763 Požega-Boljare planira se i projektuje kao državni put koji je namenjen isključivo za saobraćaj motornih vozila (sa projektovanom brzinom 100-120 km/h), sa fizički razdvojenim kolovozima po smerovima, denivelisanim raskrsnicama, potpunom kontrolom pristupa, koji ima najmanje dve saobraćajne trake i jednu zaustavnu traku za svaki smer i kao takav obeležen je propisanim saobraćajnim znakom.

Prostornim planom se utvrđuje koridor autoputa u ukupnoj širini od 700m. U koridoru autoputa nalaze se sledeći *pojasi zaštite*, i to:

- 1) *Pojas autoputa (auto-putno zemljište)* – čini zemljište potrebno za izgradnju autoputa, petlji, denivelisanih ukrštanja i pratećih sadržaja. Pojas autoputa se utvrđuje kao zemljište javne namene i ima širinu od 70 m do 150 m, u zavisnosti od konfiguracije terena i uslova za izgradnju objekata autoputa. Granica pojasa autoputa jeste ujedno i regulaciona linija. U ovom pojasu uspostavlja se režim zabrane izgradnje svih objekata koji nisu u funkciji izgradnje trase i objekata autoputa, petlji, denivelisanih ukrštanja i pratećih sadržaja autoputa;
- 2) *Zaštitni pojas* – čini zemljište za koje se određuje strogo kontrolisani režim korišćenja (obostrano) u cilju zaštite funkcije autoputa. Zaštitni pojas se utvrđuje kao zemljište ostale namene i ima širinu od 75 m od granice pojasa autoputa. U zonama petlji, pratećih sadržaja i pojedinih objekata autoputa zaštitni pojas se sužava do širine od oko 40 m. Granica zaštitnog pojasa jeste ujedno i granica detaljne regulacije. U ovom pojasu ne dozvoljava se izgradnja novih objekata, izuzev objekata koju su u funkciji autoputa, a prostor se može koristiti kao šumsko i poljoprivredno zemljište. Na građevinskom, šumskom i poljoprivrednom zemljištu dozvoljava se rekonstrukcija i sanacija postojećih objekata, bez mogućnosti promene gabarita i volumena, ukoliko ne ugrožavaju funkciju autoputa;
- 3) *Pojas kontrolisane izgradnje* – čini zemljište u režimu kontrolisane gradnje i zaštite životne sredine (obostrano). Pojas kontrolisane izgradnje se utvrđuje kao zemljište ostale namene i ima širinu od 200 m do 240 m od granice zaštitnog pojasa. Granica pojasa kontrolisane izgradnje jeste ujedno i granica Prostornog plana. U ovom pojasu dozvoljava se razvoj postojećih i novih aktivnosti koje nisu u koliziji sa funkcionalnim i tehničkim zahtevima postojećih i planiranih saobraćajnih i tehničkih infrastrukturnih sistema od nacionalnog i regionalnog značaja.

Uz uvažavanje osnovnih kriterijuma funkcionalnosti i bezbednosti, Prostornim planom je određen broj, prostorni raspored, površina, sadržaj i pravila uređenja i građenja za *prateće sadržaje auto-puta*, i to: 1) funkcionalne prateće sadržaje - za održavanje, upravljanje i obezbeđenje bržeg, sigurnijeg, udobnijeg i pouzdanijeg transporta robe i ljudi na auto-putu: a) baze za održavanje puta, b) objekti kontrole i upravljanja; i v) objekti naplate putarine; i 2) prateće sadržaje za potrebe korisnika u saobraćaju: odmorišta i uslužni centri.

Poseban deo Prostornog plana predstavljaju pravila uređenja i građenja objekata autoputa i pratećih sadržaja, što određuje i model implementacije ovog plana (Stefanović et al, 2015). Za razliku od dosadašnje prakse izrade sličnih planova, u ovom prostornom planu su definisana pravila u potpunosti na nivou urbanističkog plana, što znači da obuhvataju sve elemente potrebne za izdavanje lokacijskih uslova, kao što su, pored tehničkih standarda i normativa, i namena i uslovi za formiranje građevinske parcele, položaj objekata na parceli, indeksi zauzetosti, visine venca objekata i kote prizemlja, arhitektonsko oblikovanje, uslovi za pristup parceli i dr.

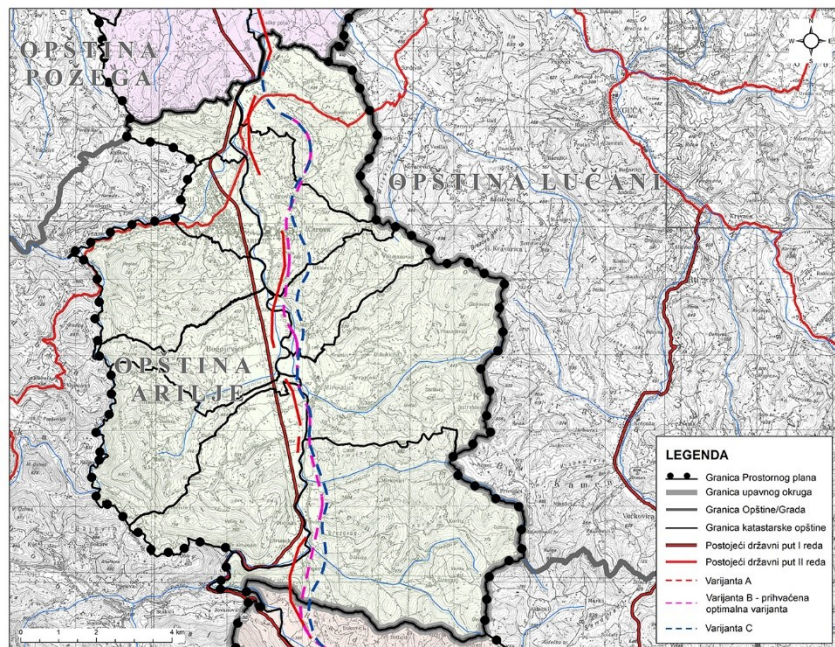
#### **4. IZRADA I VREDNOVANJE VARIJANTNIH REŠENJA TRASE AUTOPUTA**

U toku sprovođenja procedure ranog javnog uvida u Prostorni plan i razmatranja predloženog rešenja za trasu autoputa na području opštine Arilje preuzetog iz Generalnog projekta, a na osnovu reakcija i primedbi opštine Arilje, javila se potreba korekcije i izmene predloženog rešenja trase autoputa. Time su potvrđeni prethodno navedeni navodi da je jedan od osnovnih aspekata u izradi planske dokumentacije učešće javnosti i demokratičnost u svim fazama planiranja, što nije slučaj prilikom izrade projektne dokumentacije. To je dalje rezultiralo izradom i vrednovanjem varijantnih rešenja za deonicu trase autoputa na teritoriji opštine Arilje u dužini oko 16 km, a sa ciljem usaglašavanja procesa planiranja i projektovanja sa ograničenjima u prostoru i interesima lokalne zajednice (slika 1). U radu se na dalje iznose zaključci vezani za varijantna rešenja trase autoputa, izvedeni od strane projektantskih i planerskih timova. Sva varijantna rešenja su analizirana za računsku brzinu na autoputu od 120 km/h.

**Varijanta A** – predstavlja rešenje trase autoputa u skladu sa Generalnim projektom. Ova varijanta je takva da na području opštine Arilje trasa najvećim delom ide dolinom reke Moravice i padinama obližnjih brda.

U ovoj varijanti odnos dužine mostova i tunela prema ukupnoj dužini trase iznosi 25,67%, što je najpovoljnije u odnosu na sve tri varijante. Trasa je neznatno duža od Varijante B i kraća od Varijante C za 157m. Pošto je u pitanju dolinsko-padinska trasa dužine useka, nasipa, potpornih zidova i drugih konstrukcija su manje nego u druge dve varijante. Na osnovu toga je i utvrđeno da ova varijanta ima najmanju investicionu vrednost.

Međutim, za Varijantu A je utvrđeno i da ima očigledne mane, iz razloga što se pruža duž najplodnijeg poljoprivrednog zemljišta i u značajnoj meri fizički deli postojeća seoska naselja. Na osnovu primedbi građana i lokalne uprave opštine Arilje, ukazano je da ova trasa ugrožava pojedinačne i javne interese i egzistenciju stanovništva, te da bi troškovi eksproprijacije zemljišta za potrebe izgradnje autoputa zasigurno bili znatno veći nego kod drugih varijanti.



Slika 1. Varijantna rešenja trase autoputa na teritoriji opštine Arilje

**Varijanta C** – predstavlja predlog opštine Arilje, kojim se trasa autoputa pomera istočno od 0,5 do 1,6 km u odnosu na Varijantu A. Prednost ove varijante je što zauzima znatno manje kvalitetnog poljoprivrednog zemljišta, većim delom se pruža kroz šumsko zemljište i fizički ne razdvaja postojeća naselja.

Po ovoj varijanti cela trasa bi se pružala kroz brdski predeo, što ima za posledicu povećanje broja i dužine investiciono značajnih objekata (mostovi, tuneli, duboki useci i dr.) u odnosu na trasu Varijante A, čime se i ukupna investiciona vrednost značajno povećava. U ovoj varijanti odnos dužine mostova i tunela prema ukupnoj dužini trase iznosi 36,35%, što je nepovoljnije u odnosu na druge dve varijante. Pored toga, ograničavajući faktor ove trase jeste i njen prolazak kroz kompleks crkve Svetog Vaznesenja Gospodnjeg (podignute na temeljima iz 12. veka) i obližnjeg groblja.

**Varijanta B** – je definisana u cilju da se zadovolje interesi lokalne samouprave, ali i da se pronade ekonomski povoljnije rešenje u odnosu na predloženu trasu Varijante C. Ova varijanta predstavlja racionalizovanu i tehnički optimizovanu Varijantu C.

Modifikacija ove varijante je urađena na delu trase dužine oko 5km, gde je trasa usmerena zapadnije prema delimično blažem terenu sela Dragojevac, ka reci Moravici. Kroz tunel od oko 640m, trasa se spušta u dolinu reke Moravice i prelazi na njenu levu obalu. Pošto je meandriranje reke jako izraženo, trasa ponovo prelazi na desnu obalu i dalje se pruža blisko Varijanti C. Ovaj deo trase prolazi većim delom kroz šumsko zemljište i delimično neobrađivo zemljište uz reku Moravicu, te je procenjeno da zauzima manje kvalitetnog i obradivog poljoprivrednog zemljišta od trase iz Varijante C.

Analiza situacionog rešenja i uzdužnog profila je pokazala da su količine useka, nasipa, potpornih zidova i drugih inženjerskih konstrukcija manje nego u Varijanti C, te da ona ima povoljniji odnos dužine mostova i tunela od 31,35% prema ukupnoj dužini trase. Samim tim je zaključeno da bi ova varijanta imala znatno nižu

investicionu vrednost. Istovremeno bi ovom varijantom bila izbegnuta ograničenja na lokacijama crkve Svetog Vaznesenja Gospodnjeg i obližnjeg groblja.

Navedena analiza varijantnih rešenja trase autoputa je urađena na nivou idejnog rešenja i na raspoloživim geodetskim podlogama, a na osnovu podataka iz Generalnog projekta, predloženog materijala opštine Arilje, Odluke o izradi Prostornog plana, Izveštaja o obavljenom ranom javnom uvidu u Prostorni plan i pribavljeni uslova i podataka nadležnih javnih institucija. Cilj analize je bio da se omogući uvid u tehničke i ekonomske aspekte trasa autoputa i time omogući donošenje odluka o optimalnom i prihvatljivom rešenju za sve subjekte planiranja.

Osnovni zaključci analize su da je: Varijanta A - ekonomski najpovoljnija, ali se pruža kroz najkvalitetnije obradivo poljoprivredno zemljište, fizički razdvaja više seoskih naselja i nije prihvatljiva za lokalnu zajednicu; Varijanta B – je ekonomski manje povoljna od Varijante A, ali se najvećim delom pruža kroz šumsko zemljište i ima manju investicionu vrednost od Varijante C; Varijanta C – je zahtevna brdska varijanta trase autoputa ekonomski najnepovoljnija i u koliziji sa ograničenjima lokacija crkve i groblja.

Ministarstvo građevinarstva saobraćaja i infrastrukture kao nosilac izrade Prostornog plana, projektantski i planerski timovi, kao i lokalna samouprava opštine Arilje su se usaglasili i prihvatili Varijantu B kao osnov za dalje faze planiranja i projektovalja autoputa.

## **5. ZAKLJUČCI I DISKUSIJA**

Usaglašavanje navedenih aktivnosti, uz neophodno sagledavanje međuzavisnosti i uslovljenosti svih faza planiranja i projektovanja koridora autoputeva, a posebno imajući u vidu nivoe razrade, jeste po mišljenju autora ovog rada najkompleksnije pitanje u planiranju i projektovanju, i to ne samo koridora autoputeva, već i svih drugih velikih i značajnih tehničkih sistema.

Iskustva u izradi Prostornog plana područja posebne namene infrastrukturnog koridora Beograd – Južni Jadran, deonica Požega-Boljare, koja su izneta u ovom radu, bazirana su na takvoj podeli aktivnosti u izradi planske i projektne dokumentacije, po kojoj je predmet planiranja i provera i potvrda rešenja kroz međusektorsku saradnju, kordinaciju i obezbeđenje javnosti i demokratičnosti čitavog postupka (pre formalnog javnog uvida). Specifičnost takvog iskustva jeste činjenica da se istovremeno sprovode aktivnosti na izradi planskih rešenja na dva nivoa razrade (strateškom/ prostornom u R 1:50.000 i detaljnom urbanističkom u R 1:2.500), izradi idejnog rešenja i komunikaciji i usaglašavanju sa interesima lokalne zajednice.

U radu prezentovana analiza varijantnih rešenja planirane trase autoputa na području opštine Arilje je urađena upravo iz potrebe da se planerske i projektantske aktivnosti usklade sa interesima lokalne zajednice. Time je proces vrednovanja, pored obavezujućih ekonomskih i tehničkih aspekata koji se sagledavaju u izradi projektne dokumentacije (generalni i idejni projekat), obuhvatio i druga prostorna ograničenja (kvalitet poljoprivrednog zemljišta, urbanistički razvoj naselja, zaštićeni lokaliteti i dr.), kao i jedinstveno iskazan interes lokalne zajednice. Zaključci takve analize varijantnih rešenja su uslovlili postizanje kompromisa svih subjekata planiranja i iznalaženje novih rešenja za planiranu trasu autoputa, koja je investiciono i tehnički prihvatljiva, a istovremeno podržana od strane lokalne zajednice, čime se kasniji procesi stručne kontrole, javnog uvida i donošenja političkih odluka znatno optimizuju i pojednostavljuju.

Pojedini autori u literaturi iznose slične stavove na koje se autori u ovom radu i nadovezuju, posebno na ukazivanja o značaju saobraćaja kao jednog od najvažnijih aspekata urbanog razvoja, uz korišćenje zemljišta i zaštitu životne sredine (Waddell, 2002), kao i na potrebu sagledavanja održivosti saobraćaja (Goldman & Gorham, 2006) i dovođenja u vezu namene zemljišta i saobraćajne pristupačnosti prihvatljive za širu zajednicu (Geurs & van Wee, 2014).

Obimna naučna literatura iz oblasti saobraćaja ukazuje da korišćenje saobraćajnih analiza (i modela) nije novina u planiranju (Haitao 2018; Lyons, 2016; Bhuyan & Nayak, 2013). Autori upravo ukazuju na tu činjenicu i svoje polazne stavove o značaju međusobnog usaglašavanja procesa planiranja i projektovanja autoputeva dovode u vezu sa potrebom pravovremenog usklađivanja sa lokalnom zajednicom. Uz dinamičan razvoj softvera i geografskih informacionih sistema, potrebno je dalje kontinualno razvijati saobraćajne analize, pa čak i koristiti modele sa elementima budućih saobraćajnih opterećenja. Imajući u vidu obim izrade prostornih i

urbanističkih planova za potrebe izgradnje nove putne infrastrukture, neminovno se nameće potreba za daljim istraživanjima nevedenih pitanja, koja zaista mogu imati snažno uporište u dosadašnjoj praksi planiranja i projektovanja koridora auto-puteva u Srbiji.

## LITERATURA

- [1] Bhuyan P.K., Minakshi Sheshadri Nayak (2013), A Review on Level of Service Analysis of Urban Streets, *Transport Reviews*, 33:2, pp. 219-238, DOI: 10.1080/01441647.2013.779617
- [2] Geurs K.T., Bert van Wee (2014) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions, *Journal of Transport Geography* 12, pp. 127–140.
- [3] Glenn Lyons (2016) Transport analysis in an uncertain world, *Transport Reviews*, 36:5, 553-557, DOI: 10.1080/01441647.2016.1194613
- [4] Goldman, T., & Gorham, R. (2006) Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technology in society*, 28 (1-2), pp. 261-273.;
- [5] Haitao Yu (2018) A review of input–output models on multisectoral modelling of transportation–economic linkages, *Transport Reviews*, 38:5, 654-677, DOI: 10.1080/01441647.2017.1406557
- [6] Извештај о обављеном раном јавном увиду поводом израде Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора Београд – Јужни Јадран, деоница Пожега-Бољаре (граница са Црном Гором) (аутопут Е-763), Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, број 350-01-00356/2017-11 од 28.03.2018. године;
- [7] Одлука о изради Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора Београд – Јужни Јадран, деоница Пожега-Бољаре (граница са Црном Гором) (аутопут Е-763), "Службени гласник РС", број 78/17;
- [8] Одлука о изради Стратешке процене утицаја Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора Београд – Јужни Јадран, деоница Пожега-Бољаре (граница са Црном Гором) (аутопут Е-763) на животну средину, „Службени гласник РС” број 60/17;
- [9] Правилник о садржини, начину и поступку израде докумената просторног и урбанистичког планирања, "Службени гласник РС", број 32/19.
- [10] Stefanović N., Danilović Hristić N., Milijić S., (2015), The Implementation Model of Planning Rules in Spatial Plans, *SPATIUM*, No 33, pp. 62-68.
- [11] Stefanović N., Vakić O., Milijić S., (2017), Нови методолошки приступ изради и спровођењу просторног плана подручја посебне намене на примеру инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, *New Methodological Approach to the Elaboration and Implementation of the Spatial Plan for the Special Purpose Area: Case-Study of Infrastructure Corridor of Highway E-80, Section Niš-Merdare*, Пети научно-стручни скуп „Пут и животна средина“, Српско друштво за путеве „Via Vita“, 28-29. Септембар, Вршац, 2017. ISBN 978-86-88541-07-7;
- [12] Варијанте трасе аутопута на територији општине Ариље (радни материјал), China Road and Bridge Corporation Serbia Branch, jun 2018.;
- [13] Waddell, P. (2002) UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning. *Journal of the American planning association*, 68(3), 297-314;
- [14] Закон о планирању и изградњи, "Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10-УС, 24/11, 121/12, 42/13-УС, 50/13-УС, 98/13-УС, 132/14, 83/18 и 31/19.
- [15] Закон о Просторном плану Републике Србије, "Службени гласник РС", број 88/10.
- [16] Закон о путевима, "Службени гласник РС", број 41/18.
- [17] Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину, "Службени гласник РС", бр. 135/04 и 88/2010.

## PRIMENA RAZLIČITIH VRSTA REJUVINATORA KOD RECIKLAŽE STRUGANOG ASFALT

Tošković Đorđe<sup>1</sup>, Jovanović Pavle, Tatić Uroš, Pap Imre

<sup>1</sup> Institut za puteve AD, Beograd, Srbija, Bulevar Peka Dapčevića 45, toskovicns@hotmail.com

**Rezime:** Stari asfaltni materijal (strugani asfalt), sa ekološkog i ekonomskog stanovišta predstavlja vredan materijal, koji poseduje mogućnost ponovne upotrebe nakon veka eksploatacije, što omogućava uštedu energije i što je još važnije zaštitu životne sredine.

U okviru ovog rada, analiziran je uticaj četiri vrste rejuvinatora različitih proizvođača. Cilj je bio analizirati uticaj istih na karakteristike bitumena, na osnovu kojih je usvojena optimalna količina rejuvinatora pri kojoj se dobija bitumen vrste B 50/70. Pored uticaja na bitumen, u radu je predstavljen i uticaj rejuvinatora na fizičko-mehaničke karakteristike asfaltne mešavine kao što su otpornost na kolotrage, rezilijentni modul krutosti i indirektna zatezna čvrstoća.

Primenjena mešavina je BNS 22s (A), sa dodatkom 25 % struganog asfalta.

**Ključne reči:** strugani asfalt, životna sredina, reciklaža, rejuvinator

## APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF REJUVENATORS WITH RECYCLING ASFALT

Tošković Đorđe<sup>1</sup>, Jovanović Pavle, Tatić Uroš, Pap Imre

<sup>1</sup> Highway Institute, Belgrade, Serbia, Bulevar Peka Dapčevića 45, toskovicns@hotmail.com

**Abstract:** The old asphalt (milled asphalt), from an ecological and economic point of view, is a valuable material, which has the potential for reuse after the exploitation period, which allows for energy savings and, more importantly, environmental protection.

Within this paper, the influence of four types of rejuvenator of different producers was analyzed. The aim was to analyze the influence of the rejuvenators on the bitumen characteristics, based on which is determined the optimal amount of rejuvenators where bitumen type of B 50/70 is obtained. In addition to the influence on bitumen, the influence of the rejuvenators on the physical and mechanical characteristics of asphalt mixtures, such as resistance to rutting, resilient stiffness modulus and indirect tensile strength is presented.

The applied mixture is BNS 22s (A), with the addition of 25% of the milled asphalt.

**Keywords:** milled asphalt, environment, recycling, rejuvenation

### 1. UVOD

Reciklovani asfaltni kolovoz (RAP) je termin koji se odnosi na uklonjene i / ili prerađene kolovozne materijale koji sadrže bitumen i agregate. Ovi materijali se dobijaju kada se asfaltni sloj uklanja u cilju rekonstrukcije i rehabilitacije oštećenog kolovoza. Kada je pravilno drobljen i separisan, RAP se sastoji od visoko kvalitetnih, dobro razvrstanih agregata obavijenih bitumenom koji se može ponovo upotrebiti za izradu asfaltnih mešavina. Primenom struganog asfalta sa dodatkom rejuvinatora za osvežavanje starog bitumena, ostvaruje se ušteda materijala (bitumen, kameno brašno i drobljeni kameni agregat) i zaštita životne sredine. Problem kod upotrebe RAP-a je bitumensko vezivo koje je pretrpelo promene u hemijskom sastavu i reološkim svojstvima usled oksidativnih procesa pod dejstvom klimatskih faktora. Da bi se oksidirano vezivo ponovo upotrebilo potrebno ga je regenerisati dodatkom nedostajućih hemijskih komponenata – rejuvinatora. Rejuvinatori predstavljaju aromatska ulja biljnog ili organskog porekla koji se dodaju u količini od 5 do 10% na procenat starog bitumena u RAP-u.

Cilj laboratorijskih ispitivanja, u ovom radu, je bio da se uporede efekti dodavanja četiri različite vrste rejuvinatora na reološke karakteristike bitumena i fizičko-mehaničke karakteristike, otpornost na pojavu kolotrage, dinamički modul krutosti i indirektnu zateznu čvrstoću (ITS) asfaltne mešavine.

---

<sup>1</sup> Đorđe Tošković: toskovicns@hotmail.com

## 2. ISPITIVANJA STRUGANOG ASFALTA

Ispitivanja u ovom radu obavljena su na asfaltnoj mešavini tipa BNS 22s (A). Za izradu asfaltnih mešavina upotrebljeni su: kameno brašno karbonatnog sastava, drobljeni pesak i drobljeni kameni agregat karbonatnog sastava, što odgovara zahtevima standarda SRPS U.E.021:86, za teško saobraćajno opterećenje. Kao novo vezivo upotrebljen je putni bitumen vrste B 50/70. Procetualno učešće rejuvinatora u asfaltnoj mešavini, određeno je na osnovu vrednosti penetracije i tačke razmekšanja estrahovanog bitumena, dobijenog ekstrakcijom iz struganog asfalta, kao i koliko je bilo potrebno rejuvinatora da se ekstrahovani bitumen regeneriše do vrste BIT 60. Ispitivanje asfaltnih mešavina obavljeno je na Maršalovim uzorcima spravljanim u skladu sa SRPS EN 12697-35:2012, i asfaltnim pločama spravljanim uz pomoć roler kompaktora u skladu sa standardom SRPS EN 12697-33:2012. Temperatura pri kojoj su sabijani uzorci asfaltne mešavine sa vezivom B 50/70 kao i sa dodatkom rejuvinatora, bila je  $150 \pm 3$  °C.

### 2.1. Karakteristike struganog asfalta

Strugani asfalt, koji je korišćen u ovom radu, bio je granulacije 0/8 mm i sadržao je 5,9 % ostarelog bitumena, penetracije 18,0 (1/10 mm) i tačke razmekšanja 78,4 (°C). Za izradu asfaltne mešavine, po postupku vruće reciklaže, u ovom radu, upotrebljeno je 25% struganog asfalta. Granulometrijski sastav i % veziva određen je u skladu sa SRPS EN 12697-2:2016. Granulacija i karakteristike ostarelog veziva dati su u Tabeli 1.

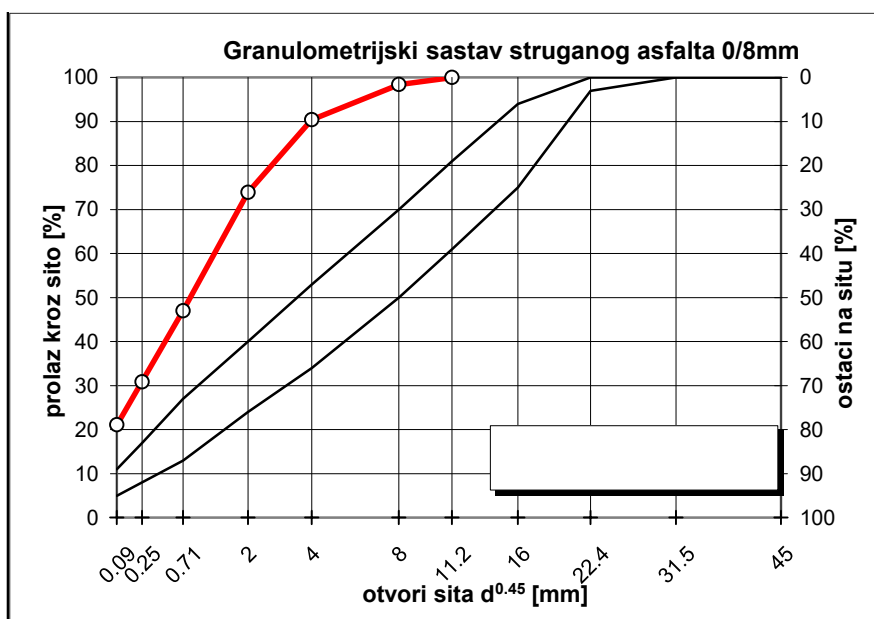
Tabela 1. Osnovne karakteristike ekstrahovanog bitumena

Karakteristike starog bitumena	Uzorak starog bitumena	SRPS U.M3.010:75 – povučen –
		BIT 15
Penetracija na 25°C (1/10 mm), (100g /5s)	18	10-20
Tačka razmekšanja po PK, (°C)	78,4	66-72
Indeks penetracije, min.	1,8	-1,0

Granulometrijski sastav struganog asfalta 0/8mm prikazan je u Tabeli 2 i na Slici 1.

Tabela 2. Granulometrijski sastav struganog asfalta, prolaz u %(m/m)

Отвори сита	0,09 mm	0,25 mm	0,71 mm	2,0 mm	4,0 mm	8,0 mm	11,2 mm	16,0 mm	22,4 mm
Prolaz u %(m/m)	21,1	30,9	47,0	73,9	90,4	98,4	100,0	100,0	100,0



Slika 1. Granulometrijski sastav struganog asfalta u odnosu na pojas BNS-22s(A)

## 2.2. Određivanje optimalnog sadržaja rejuvinatora u asfaltnoj mešavini BNS 22s (A)

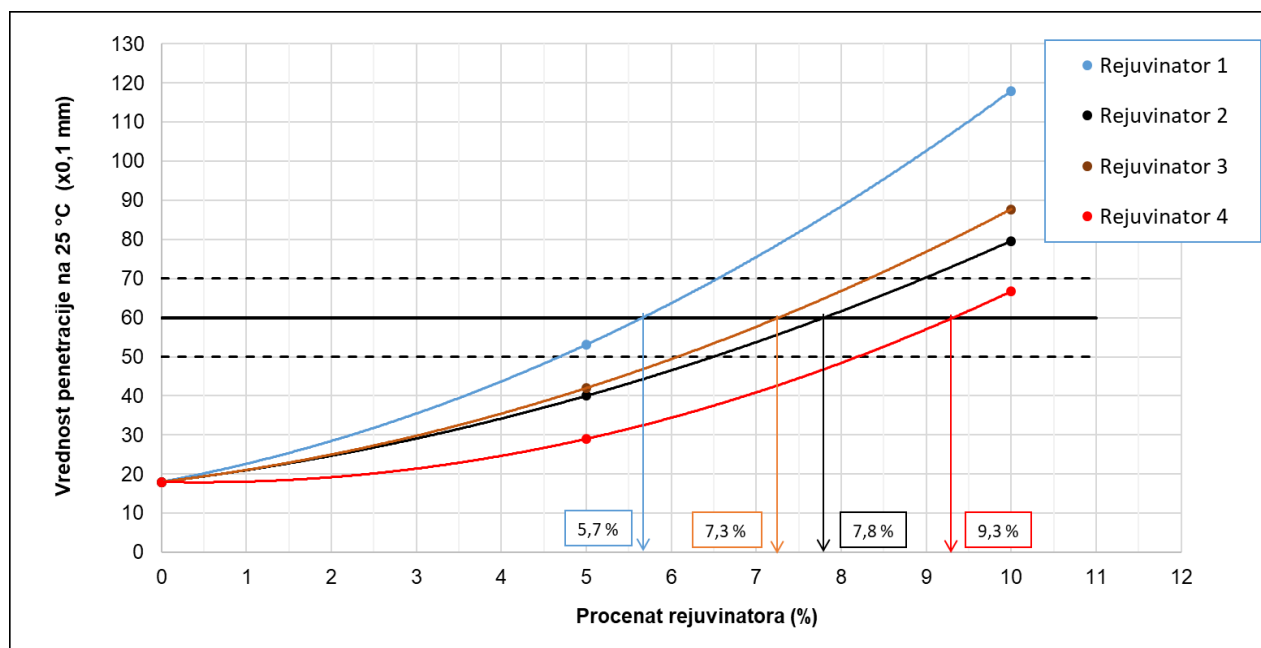
Rejuvinatori, upotrebljeni u ovom radu, su bili od različitih proizvođača, dostupnih na tržištu. S obzirom da su različitiog hemijskog sastava različito je i njihovo učešće u asfaltnoj mešavini u cilju dobijanja regenerisanog bitumena BIT 60 (B 50/70), približno istih vrednosti penetracije i tačke razmekšanja po PK.

Kao glavni parametri za određivanje optimalne količine rejuvinatora bile su vrednosti penetracije i tačke razmekšanja za putni bitumena B 50/70, koji se najviše koristi za asfaltne mešavine za noseće i habajuće slojeve kolovozne konstrukcije. U Tabeli 3 prikazani su rezultati ispitivanja osnovnih karakteristika starog bitumena sa dodatkom 5% i 10% rejuvinatora.

**Tabela 3. Uticaj količine i vrste rejuvinatora na vrednosti penetracije i tačke razmekšanja**

Svojstva	Metoda	Jed. mer.	Rejuvinator 1		Rejuvinator 2		Rejuvinator 3		Rejuvinator 4		
			0 %	5 %	10 %	5 %	10 %	5 %	10 %	5 %	10 %
Penetracija na 25 °C	SRPS EN 1426	0,1 mm	18,0	53,1	118,0	40,0	79,6	42,0	87,7	29,0	66,7
Tačka razmekšanja	SRPS EN 1427	°C	78,4	59,7	47,5	64,8	55,5	63,3	52,9	67,1	54,8
Indeks prenetracije	SRPS EN 1426	-	1,8	1,12	0,54	1,39	1,35	1,23	1,03	1,07	0,67

Na dijagramu na slici 2. prikazani su optimalne količine rejuvinatora u odnosu na vrednosti penetracije.



**Slika 2. Optimalna količina različitih rejuvinatora u odnosu na vrednost penetracije**

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja, optimalan sadržaj rejuvinatora u odnosu na količinu struganog asfalta, odnosno na količinu ostarelog veziva, dat je u tabeli 4.

**Tabela 4. Procentualna učešća različitih rejuvintora**

Učešće u odnosu na:	Rejuvinator 1	Rejuvinator 2	Rejuvinator 3	Rejuvinator 4
strugani asfalt (%)	5,7	7,8	7,3	9,3
ostarelo vezivo (%)	0,35	0,47	0,41	0,53
asfaltnu mešavinu sa 25% struganog asf. (%)	0,09	0,12	0,11	0,14

Rezultati ispitivanja su pokazali da se primenom Rejuvinatora 1, sa najmanjim procentom učešća, dobijaju karakteristike putnog bitumena B 50/70.



### 3. ISPITIVANJA RECIKLOVANE ASFALTNE MEŠAVINE

#### 3.1. Sastav reciklovane mineralne mešavine BNS 22s (A)

Mineralna mešavina za BNS 22s (A) projektovana je od 25 % struganog asfalta 0/8 mm, drobljenog kamenog agregata frakcija 0/4, 4/8, 8/16 i 16/22,4 mm uz dodatak kamenog brašna karbonatnog sastava u skladu sa graničnim pojasom iz SRPS U.E9.021:86.

U tabeli 5. prikazan je granulometrijski sastav novih frakcija agregata i struganog asfalta.

**Tabela 5.** *Granulometrijski sastav agregata i struganog asfalta, prolaz u %(m/m)*

Frakcija	0,09 mm	0,25 mm	0,71 mm	2,0 mm	4,0 mm	8,0 mm	11,2 mm	16,0 mm	22,4 mm
0/4	10,4	14,9	23,6	50,3	84,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4/8	0,9	0,9	0,9	1,4	2,1	97,7	100,0	100,0	100,0
8/16	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	16,3	55,3	87,3	97,7
16/22,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	2,3	9,5	87,7
Strugani asfalt	21,1	30,9	47,0	73,9	90,4	98,4	100,0	100,0	100,0

#### 3.2. Sastav reciklovane asfaltne mešavine BNS 22s (A)

Optimalan sadržaj bitumena određen je maršalovom metodom i za predmetnu asfaltnu mešavinu BNS 22s (A) iznosi 3,6 % bitumena.

S obzirom da strugani asfalt sadrži 5,9 % starog bitumena, a kako se za reciklažu koristi 25%, to je sadržaj bitumena u struganom asfaltu 1,5%. Radi postizanja optimalne u reciklovanj asfaltnoj mešavini bilo je potrebno dodati još 2,1 % novog bitumena B 50/70.

Učešće komponentalnih materijala u recikliranoj asfaltnoj mešavini BNS 22s (A) prikazano je u Tabeli 6.

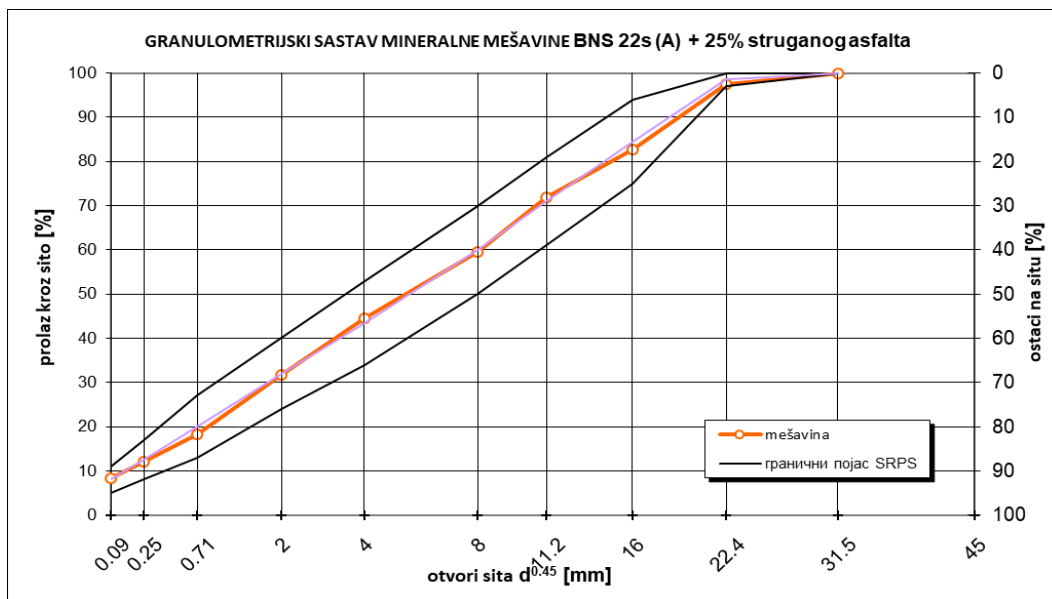
**Tabela 6.** *Sastav reciklirane asfaltne mešavine BNS 22s (A) sa 3,6 %(m/m) B 50/70*

	Mineralna mešavina
Kameno brašno	0 %
Drobljeni pesak frakcije 0/4 mm	25,0 %
Drobljeni agregat frakcije 4/8 mm	5,0 %
Drobljeni agregat frakcije 8/16 mm	30,0 %
Drobljeni agregat frakcije 16/22,4 mm	15,0 %
Strugani asfalt 0/8 mm	25,0 %
Svega:	100,0

U tabeli 7. i slici 3 prikazan je granulometrijski sastav reciklirane mineralne mešavine BNS 22s(A).

**Tabela 7.** *Granulometrijski sastav reciklirane mineralne mešavine BNS 22s(A) prolaz u % (m/m).*

	0,09 mm	0,25 mm	0,71 mm	2,0 mm	4,0 mm	8,0 mm	11,2 mm	16,0 mm
Projektovano	<b>9,0</b>	<b>13,3</b>	<b>20,9</b>	<b>40,5</b>	<b>56,9</b>	<b>80,5</b>	<b>98,6</b>	<b>100</b>
SRPS U.E9.021:86	3 - 11	8 - 18	16 - 30	31 - 48	49 - 65	75 - 87	97 - 100	100



Slika 3. Granulometrijski sastav reciklirane mineralne mešavine BNS 22s(A), prolaz u % (m/m).

Redosled dodavanja komponenata prilikom reciklaže po vrućem postupku u laboratoriji je sledeći:

1. Strugani asfalt zagrejan na 120 °C,
2. Rejuvinator,
3. Mešanje 20-30 sekundi radi reakcije starog bitumena i rejuvinatora,
4. Novi agregat zagrejan na 190 °C,
5. Novi bitumen,
6. Finalno umešavanje 60 sekundi na 160 ± 10 °C.

Temperatura zbijanja epruveta asfaltnih mešavina po Maršalu je 150 ± 3 °C sa 2 x 50 udaraca.

Umešavanje asfaltnih mešavina obavljeno je u asfaltnom mikseru prema SRPS EN 12697-35:2012 (slika 4), a sabijanje asfaltnih ploča pomoću kompaktora sa valjkom u skladu sa SRPS EN 12697-33:2012 (slika 5).



Slika 4. Asfaltni mikser



Slika 5. Kompaktor sa valjkom

### 3.3. Fizičko-mehaničke karakteristike reciklovane asfaltne mešavine

Određivanje fizičko–mehaničkih karakteristika reciklovanih asfaltnih mešavina obavljeno je prema odgovarajućim standardima prikazanim u tabeli 8, u kojoj su prikazani uporedni rezultati sa dodatkom različitih rejuvinatora.

**Tabela 8.** Физичко-механичке карактеристике BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i rejuvinatora

Karakteristike	Metod	Rejuv. 1	Rejuv. 2	Rejuv. 3	Rejuv. 4	Критеријуми SRPS U.E9.021:86
Stabilnost na 60°C, (kN)	SRPS EN 12697-34: 2013	13,7	11,2	12,7	13,5	> 8,0
Tečenje na 60°C, (mm)		3,7	3,6	3,5	3,6	-
Odnos stabilnosti i tečenja na 60°C, (kN/mm)		3,7	3,1	3,6	3,8	> 2,2
Šupljine u asfaltnom uzorku, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 Т.13.5.3	5,3	5,3	5,3	5,2	4,0 – 9,0
Šupljine u mineralnoj mešavini ispunjene vezivom, %(v/v)	SRPS U.E4.014:90 Т.13.5.5	60,8	61,0	60,9	61,4	-
Šupljine u min. mešavini, %(v/v)	SRPS U.M8.093:67	13,6	13,6	13,7	13,5	-
Zapreminska masa asfaltnog uzorka, (kg/m <sup>3</sup> )	SRPS U.M8.081:67	2395	2396	2394	2399	-
Prividna zapreminska masa asfaltne mešavine, (kg/m <sup>3</sup> )	SRPS U.M8.082:67	2530	2530	2529	2531	-
Optimalan sadržaj veziva, (%)	SRPS U.E4.014:90	3,6	3,6	3,6	3,6	-

Iz rezultata ispitivanja se vidi da asfaltna mešavina BNS 22s (A) sa dodatkom 25 % struganog asfalta i rejuvinatora poseduje približne iste vrednosti zapreminskih masa i šupljina, kao i vrednosti stabilnosti i tečenja, što je jedan od indikatora optimalnog sadržaja rejuvinatora u asfaltnoj mešavini.

Asfaltna mešavina sa dodatkom 25% struganog asfalta i rejuvinatora zadovoljavaju uslove kvaliteta propisane standardom SRPS U.E9.021:86 za izradu bituminiziranog nosećeg sloja na saobraćajnicama sa teškim saobraćajnim opterećenjem.

### 3.4 Dinamička ispitivanja reciklovane asfaltne mešavine

#### 3.4.1. Određivanje indirektnog zateznog modula krutosti (E\*) (ITSM-Indirect Tensile Stiffness Modulus Test)

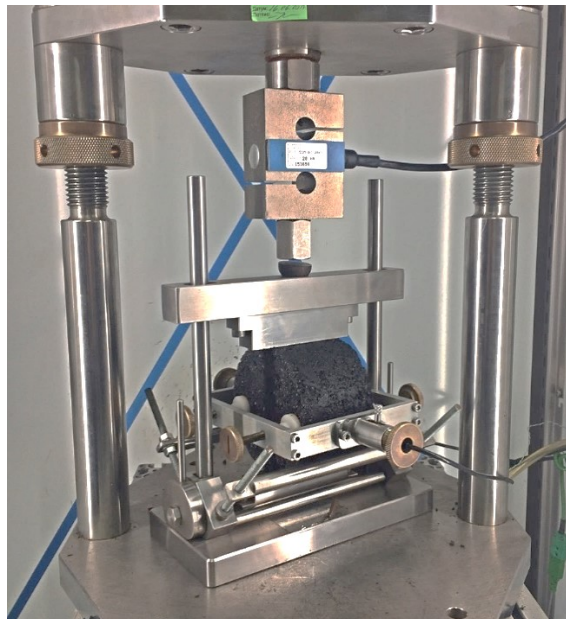
Ispitivanja dinamičkog modula krutosti obavljena su na uređaju NAT (Nottingham Asphalt Tester).

Dinamički modul krutosti asfaltne mešavine (E\*) određen je na Maršalovim uzorcima Ø100 iz opita indirektnog zatezanja u skladu sa SRPS EN 12697-26:2012 (slika 6).

Opit je izveden pod sledećim uslovima:

- temperatura: 20 ± 0,5 °S
- vreme rasta opterećenja: 124 ± 4 ms
- ponavljanje pulseva: 3,0 ± 0,1s
- broj ciklusa opterećenja: 5

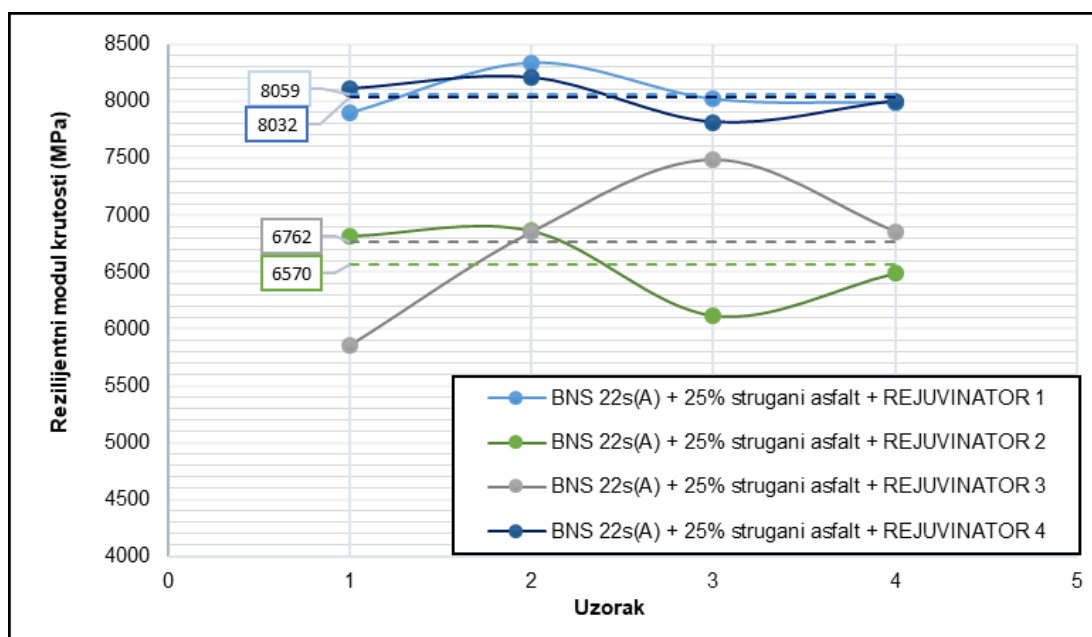
U tabeli 9. i dijagramu na slici 7, prikazani su rezultati ispitivanja dinamičkog modula krutosti (E\*) BNS 22s(A) sa dodatkom 25% struganog asfalta i rejuvinatora.



Slika 6. Obit određivanja dinamičkog modula krutosti ( $E^*$ ) iz opita indirektnog zatezanja

**Tabela 9.** Rezilijentni modul modula krutosti ( $E^*$ )  
asfaltne mešavine BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i rejuvinatora

BNS 22s (A)	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Srednja vrednost (MPa)
Rejuvinator 1	7895	8336	8017	7988	<b>8059</b>
Rejuvinator 2	6816	6861	6115	6488	<b>6570</b>
Rejuvinator 3	5857	6853	7485	6855	<b>6762</b>
Rejuvinator 4	8107	8205	7814	8001	<b>8032</b>



Slika 7. Dijagram rezilientnih modula krutosti asfaltnih uzoraka BNS 22s(A) u (MPa)

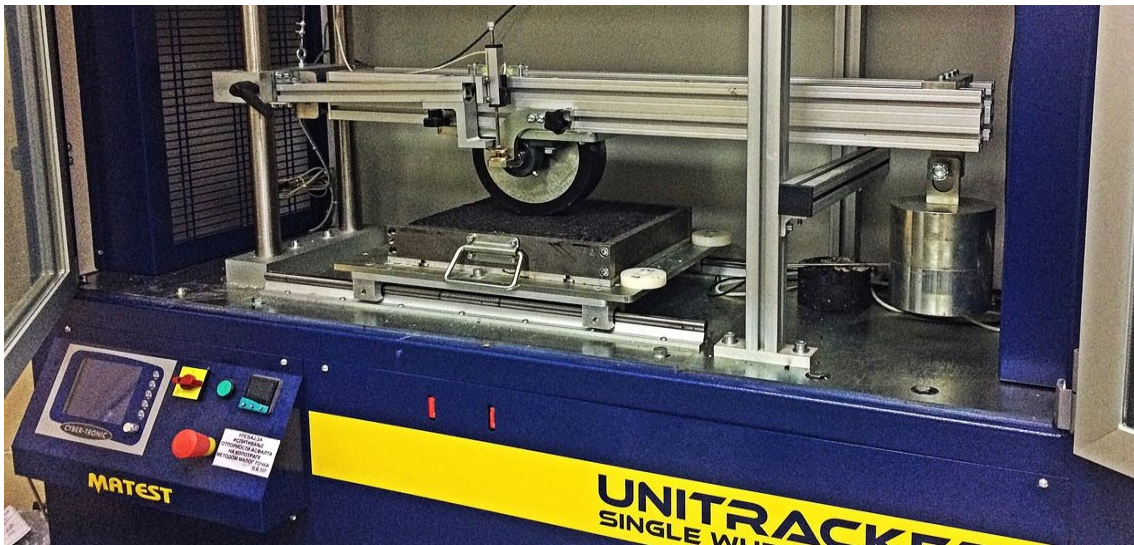
### 3.4.2 Određivanje otpornosti na kolotrage (WTT- Wheel Tracking Test)

Otpornost na kolotrage asfaltne mešavine određena je prema metodi sa malim točkom (slika 8) na pločama dimenzija 320x260x60 mm, spravljenim u kompaktoru sa valjkom (slika 5).

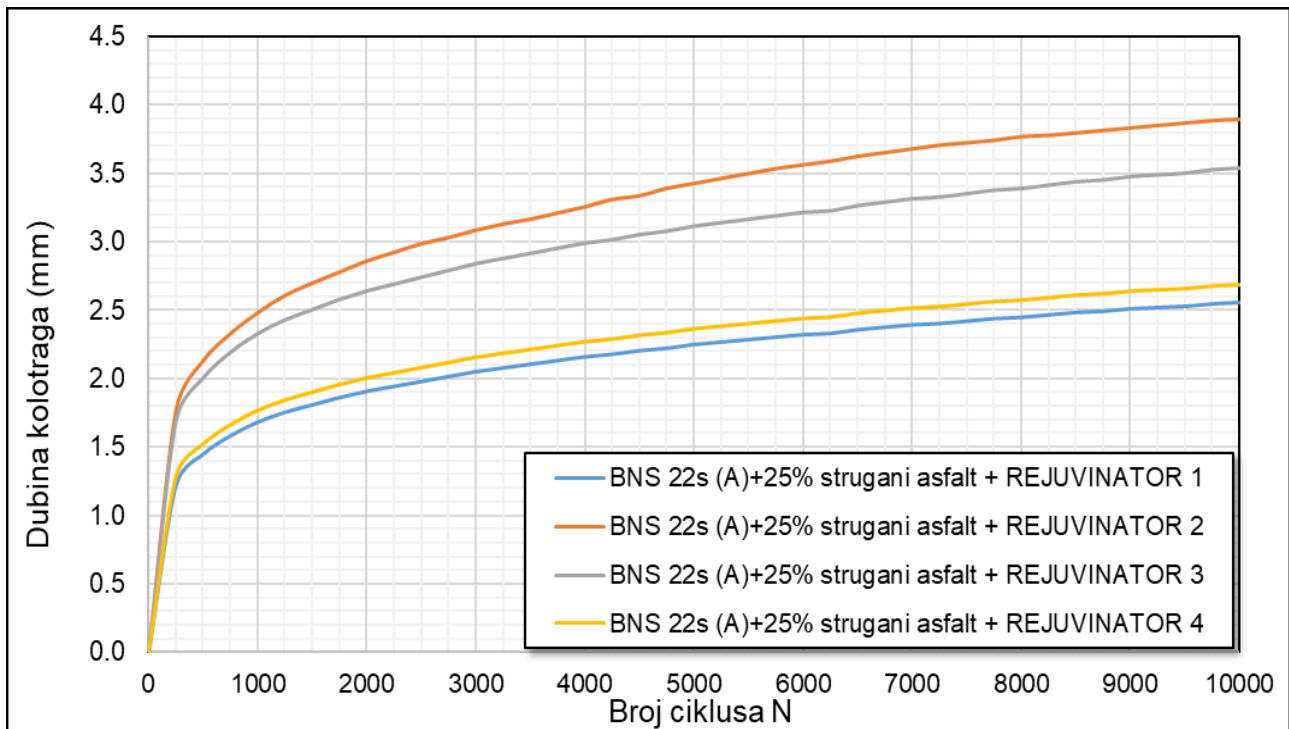
Opit je izveden u skladu sa SRPS EN 12697-22:2012., metoda B u vazduhu, mali točak, pod sledećim uslovima:

- kondicioniranje: 360min.
- temperatura ispitivanja:  $60 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- broj ciklusa/ponavljanja: 10000/20000

U dijagramu na slici 9. prikazani su rezultati merenja otpornosti na kolotrage asfaltnih mešavina BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i različitim rejuvinatorima.



Slika 8. Uređaj za ispitivanje kolotrage metodom malog točka



Slika 9. Dijagram otpornosti na kolotrage asfaltnih mešavina BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i različitim rejuvinatorima

U tabeli 10. prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti na kolotrage reciklovanih asfaltnih mešavina.

**Tabela 10.** *Otpornost na kolotrage asfaltnih mešavina BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i različitim rejuvinatorima*

BNS 22s (A)	Debljina uzorka (mm)	RD (mm)	PRD (%)	WTS
Rejuvinator 1	60,0	2,56	4,26	0,061
Rejuvinator 2	60,1	3,90	6,48	0,094
Rejuvinator 3	60,0	3,54	5,90	0,085
Rejuvinator 4	60,0	2,68	4,47	0,064

Na osnovu dobijenih rezultata određivanja otpornosti na plastičnu deformaciju opitom kolotruga, asfaltna mešavina sa dodatkom Rejuvinatora 1, ima najmanju dubinu kolotruga (RD=2,56 mm) i proporcionalnu dubinu kolotruga (PRD=4,26 %), samim tim i najveću otpornost na plastične deformacije. Ova mešavina poseduje i najmanji nagib krive kolotruga (WTS=0,061). Asfaltna mešavina sa dodatkom Rejuvinatora 2, ima najveću dubinu kolotruga, odnosno najmanju otpornost na pojavu kolotruga.

### 3.4.3 Indirektna zatezna čvrstoća (ITS - Indirect Tensile Strength)

Određivanje indirektno zatezne čvrstoće asfaltno mešavine, kao mera kohezivnih karakteristika asfaltno mešavine, određena je na maršalovim uzorcima, prečnika Ø100 mm, a u skladu sa SRPS EN 12697-23:2012.

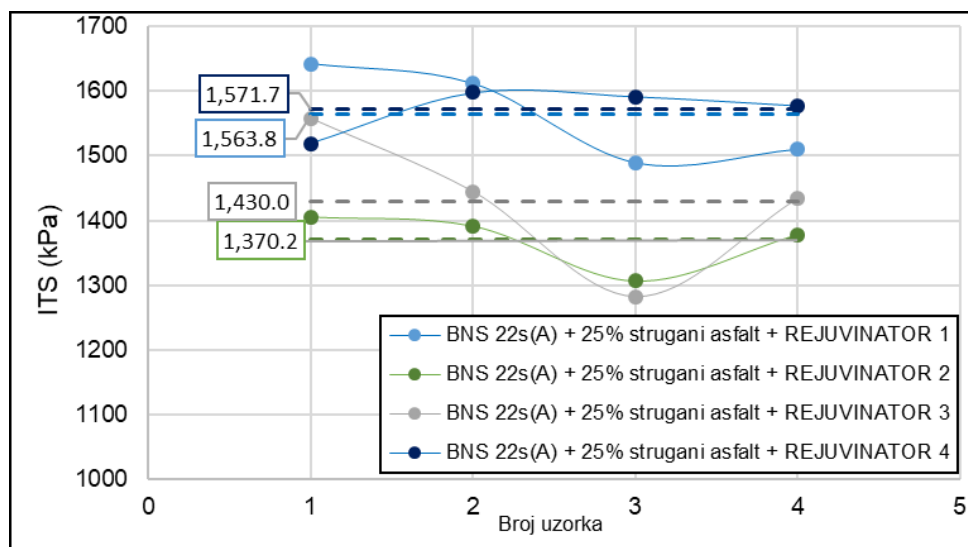
Ovit je izveden pod sledećim uslovima:

- temperatura:  $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ,
- brzina prirasta opterećenja:  $(50 \pm 2)$  mm/min,

U tabeli 10. i na slici 10. prikazani su rezultati ispitivanja ITS reciklovanih asfaltnih mešavina.

**Tabela 10.** *Indirektna zatezna čvrstoća ITS (kPa) asfaltnih mešavina BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i različitim rejuvinatorima*

BNS 22s (A)	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Srednja vrednost (kPa)
Rejuvinator 1	1642,6	1612,1	1489,9	1510,8	<b>1564,8</b>
Rejuvinator 2	1405,3	1391,1	1306,2	1378,3	<b>1370,2</b>
Rejuvinator 3	1558,3	1445,0	1282,6	1434,2	<b>1430,0</b>
Rejuvinator 4	1519,5	1598,0	1591,8	1577,7	<b>1571,7</b>



**Slika 10.** *Indirektna zatezna čvrstoća ITS (kPa) Asfaltnih mešavina BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i različitim rejuvinatorima*

Iz rezultata ispitivanja vidi se da asfaltna mešavina BNS 22s (A) sa 25% struganog asfalta i rejuvinatorom 4, poseduje najveću indirektnu zateznu čvrstoću (ITS=1571,7 kPa). Asfaltna mešavina sa dodatkom rejuvinatora 2 poseduje najmanju indirektnu zateznu čvrstoću (ITS=1370,2 kPa). Svi ispitani uzorci su mešovito lom.

#### 4. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Asfaltna mešavina sa dodatkom 25% struganog asfalta i rejuvinatorima kao osveživačima starog bitumena u struganom asfaltu, ispunjavaju zahteve prema SRPS U.E9.021:86 za bituminizirane asfaltne slojeve za teško saobraćajno opterećenje, poseduju i zadovoljavajuću vrednost rezilijentnog modula krutosti, indirektnu zateznu čvrstoću i otpornosti na pojavu kolotruga za saobraćajnice sa teškim saobraćajnim opterećenjem.

Dinamički modul krutosti je odnos amplituda napona i deformacija u funkciji frekvencije opterećenja i temperature. Primenom rejuvinatora kao osveživača starog bitumena, dobijaju se zadovoljavajuće vrednosti krutosti asfaltnih mešavina za teško saobraćajno opterećenje. Moduli krutosti asfaltnih mešavina imaju vrednosti između 8059 MPa (rejuvinator 1) i 6570 MPa (rejuvinator 2).

Vrednosti dubine i proporcionalne dubine kolotruga asfaltnih mešavina sa dodatkom 25 % struganog asfalta i rejuvinatora iznosi od 2,56 mm (3,80 %) sa dodatkom rejuvinatora 1, do 6,48 mm (3,90 %) sa dodatkom rejuvinatora 2. Nagib krive zavisnosti deformacije - dubine kolotruga od broja ciklusa opterećenja - prelaza točka, kod asfaltna mešavine sa dodatkom rejuvinatora 1 iznosi 0,061 dok je sa dodatkom rejuvinatora 2 - 0,094, što ukazuje da asfaltna mešavine sa dodatkom rejuvinatora zadovoljavaju uslove kvaliteta za saobraćajnice sa teškim saobraćajnim opterećenjem.

Indirektna zatezna čvrstoća kod asfaltnih mešavina sa dodatkom 25% struganog asfalta i različitim rejuvinatorima iznosi od 1571,7 kPa (rejuvinator 4) do 1370,2 kPa (rejuvinator 2). Ovim opitom pokazano je da se primenom rejuvinatora u struganom asfaltu, dobijaju vrednosti indirektnu zateznu čvrstoću koje svojim vrednostima zadovoljavaju kriterijume za teško saobraćajno opterećenje. Svi asfaltni uzorci poseduju mešoviti lom. Mešavine sa većom vrednošću indirektnu zateznu čvrstoću, poseduju i veću otpornost na kolotruga.

#### 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja može se konstatovati da reciklovane asfaltne mešavine BNS 22s (A), odnosno mešavine koje sadrže 25% struganog asfalta 0/8mm, nove frakcije kamenog agregata i rejuvinatora i standardni putni bitumen B 50/70, ispunjavaju kriterijume SRPS U.E9.021:96 za puteve sa teškim saobraćajnim opterećenjem.

U ovom radu je pokazano da se sa učešćem 25% struganog asfalta i dodatkom rejuvinatora moguće je dobiti svojstva kao sa standardnom asfaltnom mešavinom. Ovim postupkom reciklaže ostvarena je ušteda u materijalu kako bitumena od 1,51 % ili 15,1 kg po toni proizvedenog asfalta, tako i drobljenog kamenog agregata i kamenog brašna.

#### Literatura

- [1] EAPA European Asphalt Pavement Association (2018). Recommendation for the use of rejuvigators in hot and warm production
- [2] Martins Zaumanis, Maria Chiara Cavalli & Lily D. Poulikakos (2018). Effect of rejuvigator addition location in plant on mechanical and chemical properties of RAP binder.
- [3] Laurent Porot, William Grady (2016). Effectiveness of a Bio-based Additive to Restore Properties of Aged Asphalt Binder





# 100% COLD RECYCLED ASPHALT MIXTURE USING A MULTI-FUNCTIONAL REJUVENATING AGENT

Shahin Eskandarsefat<sup>1</sup> – Loretta Venturini<sup>2</sup> – Lorenzo Sangalli<sup>3</sup> – Luca Baccellieri<sup>4</sup> – Klajdi Kulla<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Scientific technical development expert – Iterchimica S.r.l. Suisio (BG), Italy.*

<sup>2</sup> *Technical director – Iterchimica S.r.l. Suisio (BG), Italy.*

<sup>3</sup> *Technical area manager – Iterchimica S.r.l. Suisio (BG), Italy.*

<sup>4</sup> *Technical assistant & Lab. technician – Iterchimica S.r.l. Suisio (BG), Italy.*

<sup>5</sup> *Technical civil engineer – Iterchimica S.r.l. Suisio (BG), Italy.*

**Abstract:** Considering the ever-increasing awareness about the principles of sustainability, within road sector recycling materials and from them Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is the first viable choice. While the use of RAP for producing hot mix asphalt is still limited, producing cold-recycled asphalt mixtures with a high content of RAP is considered as a suitable sustainable alternative. This paper deals with a kind of rejuvenating agent for producing 100% RAP containing cold recycled asphalt pavements mainly for maintenance and rehabilitation works and cycling paths. In this respect, a series of 100% cold recycled asphalt mixtures were produced containing different dosages of rejuvenating agent and moisture investigating the optimum amount of the rejuvenating agent. The paper also represents some of the test results of a binder layer as the trial section of this material in Spain. The experimental plan consisted of characterizing the aged bitumen with and without containing different dosages of rejuvenating agent and investigating the mechanical properties of the recycled asphalt mixtures through Indirect Tensile Strength (ITS) and Marshall Stability and Flow. Overall the results showed that while such 100% recycled asphalt mixtures are convenient solutions for road maintenance and light load pavements, the quality is highly depended on the RAP quality and residual moisture.

**Keywords:** Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), Cold-recycled asphalt mixtures, Rejuvenating agent, Indirect Tensile Strength (ITS), Marshall Stability and Flow.

## 1. INTRODUCTION

The need to limit the emission of greenhouse gases leaves the asphalt pavement industry with the next available option of exploring cold mix technology to maximise the use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Asphalt concrete (AC) recycling is probably the most cost-effective technique for the rehabilitation of road pavements and the construction of new ones [1]. Besides the economic aspects, their compatibility with environmental aspects has made RAP an exceptional alternative with respects to sustainability in our expanded road networks. To date, many efforts have been done, which resulted in the application of up to 40-50% of RAP in Hot Mix Asphalt (HMA) and even up to 100% for cold recycled asphalt mixtures. The use of RAP in the cold mix has been around since the development of the grinding process and hot mix recycling. Highway agencies throughout the country have stockpiles of RAP. There is a cost associated with these stockpiles and the use of RAP cold mix can gradually reduce these piles [2].

Many technical, practical, and logistic problems limited the application of using high content RAP to some extent. From the early stages of cold recycling of asphalt mixtures, many different rejuvenating agents, binders and production methods have been introduced to the road industry. However, within cold recycling, the use of RAP was limited to the base layer mostly using asphalt emulsions or hydraulic cement as for binder. In addition to these types of binders, in the area of cold mixes containing RAP the idea of using rejuvenators as part of the new binder in the mix has been investigated and used successfully [3]. In the rejuvenation process, a rejuvenator makes steps to return the maltenes to asphaltenes ratio back in balance and restore the bitumen SARA fraction to its original state or as close to it as possible. In cold mixes, there are two ways to use the rejuvenating agents: one is the use of a straight recycling agent in the mix or a blend of a rejuvenator and an asphalt emulsion and/or other different components [4]. While the first option is well-recognized, recently the second method found as a more practical alternative. For this purpose, to develop a cold mix product, the RAP is analyzed in the laboratory to establish the correct ratio of rejuvenator to asphalt cement that should be in the finished emulsion. Once this ratio is established, the project can proceed. However, nowadays commercial products can be directly provided, which made the procedure more straightforward.

---

<sup>1</sup> Corresponding author: shahin.eskandarsefat@iterchimica.it

<sup>2</sup> loretta.venturini@iterchimica.it

<sup>3</sup> lorenzo.sangalli@iterchimica.it

<sup>4</sup> luca.baccellieri@iterchimica.it

<sup>5</sup> Klajdi.Kulla@iterchimica.it

Within the literature, several types of recycling agents have been studied for cold asphalt recycling containing 100% RAP. In this respect, Hugener et al. [5] have investigated the possibility of adding different kinds of vegetable oils to milled RAP. Briefly summarized, RAP was produced on-site from the old pavement, and then sprayed with water and rejuvenator before it is mixed thoroughly and immediately compacted. It turned out that rejuvenators with used cooking oil did give comparable results to virgin rapeseed and linseed oil. In this research, the results of the water sensitivity test were not satisfactory, as the wet specimens showed a considerable loss of tensile strength.

The presented paper deals with the application of a kind of rejuvenating agent with 100% cold recycling asphalt mixture ideal for producing eco-friendly cost-effective paving material. The objectives of this paper were delivering the principles on the mix design of the 100% cold recycled asphalt pavement, representing some of the results of trial sections using this mixture. Such this mixtures could be a convenient alternative of HMA for cycling paths, light-traffic roads, road maintenance, and rehabilitation works.

## 2. MATERIALS AND METHODS

As it was mentioned before, the data represented in this paper is divided into two sections of 1) laboratory study and mix design and 2) the state-of-the-practice of using this multi-functional rejuvenating agent for different purposes. Hence, it should be noted that the RAP sources were not always the same during the mix design and represented case studies. In some cases even to improve the gradation of the RAP, get better particle distribution, control the moisture content, and to increase the performance properties of the final mixture, some hydraulic cement or filler was added as 1 to 3% is recommended by the producer.

### 2.1. Materials

#### 2.1.1. Rejuvenating agent

The rejuvenating agent used in this study (developed by Iterchimica S.r.l., Italy) is a liquid additive free of aromatic substances that allows producing cold plastic asphalt concrete using 100% of RAP, for maintenance intervention (e.g. potholes), bike-lanes, and local low-traffic roads. In other words, it is a hydrocarbon binder enriched with plasticizers, vegetal flux oils, and rejuvenators. Table 1 represents some of the physical properties of the rejuvenating agent. This material is compatible with different kinds of coloring pigments. This compound is composed of different chemical components: anti-oxidative chemicals, plasticizer, rejuvenating agents, and moisturizer diluent. Unlike the traditional cold asphalt production in asphalt plant, in this case, the milled materials can be mixed and laid with this rejuvenating agent at room temperature. Thereby, the saving in terms of energy and economic aspects is evident (zero emissions, material recovery, and not heating energy).

**Table 1.** *Some of the given physical properties of rejuvenating/binder*

Characteristic	Value/Description
Aspect	Fluid substance
Colour	Brown
Density at 20°C	0,94 ± 0,02 g/cm <sup>3</sup>
Viscosity	400 - 500 cP
Flash point	> 150°C

### 2.2. Methods

The mix design in this study was a performance mix design considering the limits provided in specifications of the municipality of Milan, Italy. For this purpose, at the first stage, the used RAP was characterized by determining the particle distribution and the bitumen binder content. In the next stage, the optimum content of rejuvenating agent, moisture and hydraulic cement was determined using Marshall Stability, and Flow, Indirect Tensile Strength (ITS).

In addition to the rejuvenating agent content, it has been shown that the moisture content has an important role in the cold mixes' performance properties correlated with compaction properties, hence the mix design in this study was carried out with mixtures containing different residual moisture. However, it should be noted that there are two sources of water in cold mix asphalt mixtures: residual moisture in the aggregate material and the water existing in the asphalt emulsion. In both instances, the water slowly evaporates over time as the

mixture cures, which in turn affects the bulk mixture physical (i.e., dimensions and density) and mechanical properties. The studied mix combinations in this experimental work are represented in Table 2.

**Table 2.** *Mixing blends*

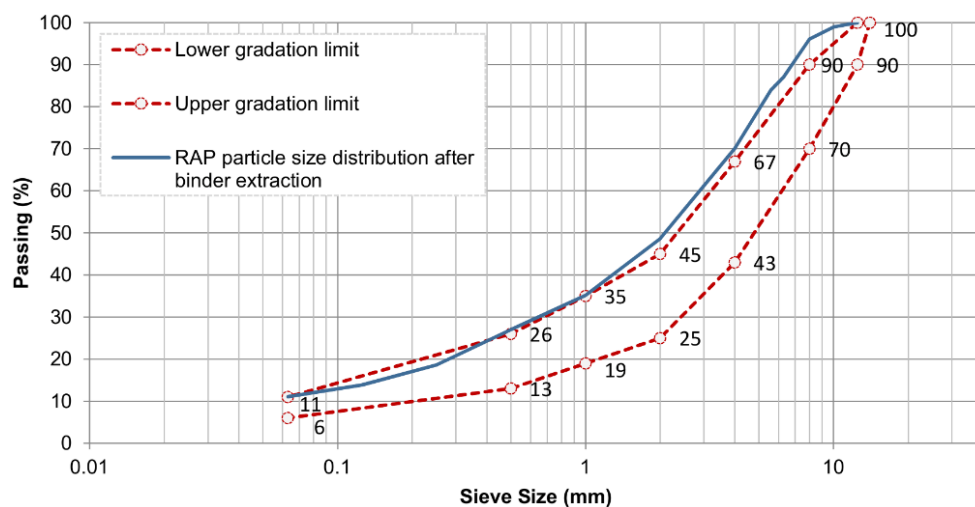
Mixtures' ID	Moisture content (% on the weight of)	rejuvenating agent content (% on the weight of RAP)	Hydraulic cement content (% On the weight of RAP)
Mix no. 1	4	1.5	1
Mix no. 2	4	2	1
Mix no. 3	4	2.5	1
Mix no. 4	4	3	1
Mix no.5	4	3.6	1
Mix no. 6	5.5	2.5	1
Mix no. 7	5.5	3	1
Mix no. 8	7.5	3	1

The second stage of the experimental works was dedicated to complementary test methods using Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR) and Cantabro particle loss test aiming for mix design verification.

### 3. EXPERIMENTAL WORKS, RESULTS AND ANALYSIS

#### 3.1. RAP characterization

The RAP, which was used in this work was from a demolished dense-graded asphalt layer containing neat bitumen. As the primary stage of the laboratory mix design, the particle distribution of the RAP was determined. Fig. 1 compares the obtained grading curve of the RAP with a common dense-graded wearing course gradation band from Italian specifications, Autostrada del Brennero [6]. According to the curves it can be seen that the aggregate blend had a well-proportioned continuous distribution. Hence no modification was applied.



From Italian specifications; Autostrada del Brennero

**Figure 1.** *RAP particle size distribution after bitumen extraction*

In the next stage, the bitumen binder content of the RAP was determined to be sure of having enough recoverable bitumen binder. In this respect, the bitumen was determined as 4.78% on the weight of aggregates, which was sufficient for a cold recycled asphalt mixture.

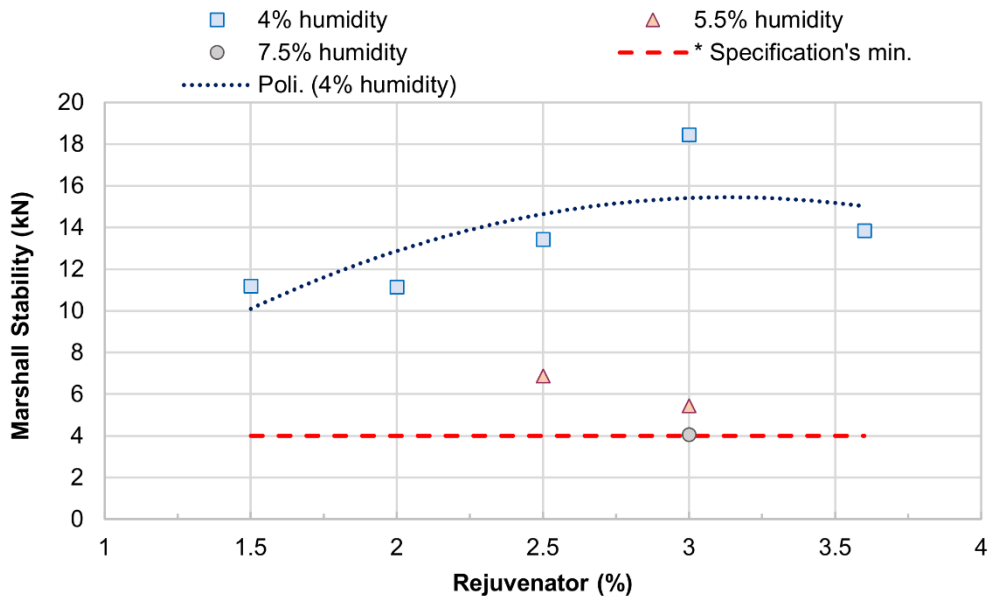
In addition to the bitumen content, the residual moisture plays an important role in the performance of cold recycled asphalt mixtures. Hence, the moisture content was determined, which was 5.5% (on the weight of aggregates). However, in practice, it should be noted that this value could be changed based on the storage conditions of the material.

#### 3.2. Marshall Stability and Flow

Even if Marshall Method is outdated in many countries, despite its shortcomings, it is still probably the most widely used mix design method in the world probably since it is a simple and inexpensive test. Marshall Stability

is related to the resistance of bituminous materials to distortion, displacement, rutting and shearing stresses. The stability is derived mainly from internal friction and cohesion. Cohesion is the binding force of binder material while internal friction is the interlocking and frictional resistance of aggregates [7].

For the current study, the test has been done according to EN 12697-34 European standard applying 50 blows for each face. The test results were compared to the local specification criterion for maintenance works (Comune di Miano, 2016 [8]) and Asphalt Institute minimum, 3.36 kN for medium traffic (104 – 106 ESALs) roads [9]. Fig. 2 represents the recorded Marshall Stabilities for the trial blends after 7 days of conditioning at 25°C based on the local specification. According to the results it can be seen that almost all the tested mixtures complied with the specifications criterion.

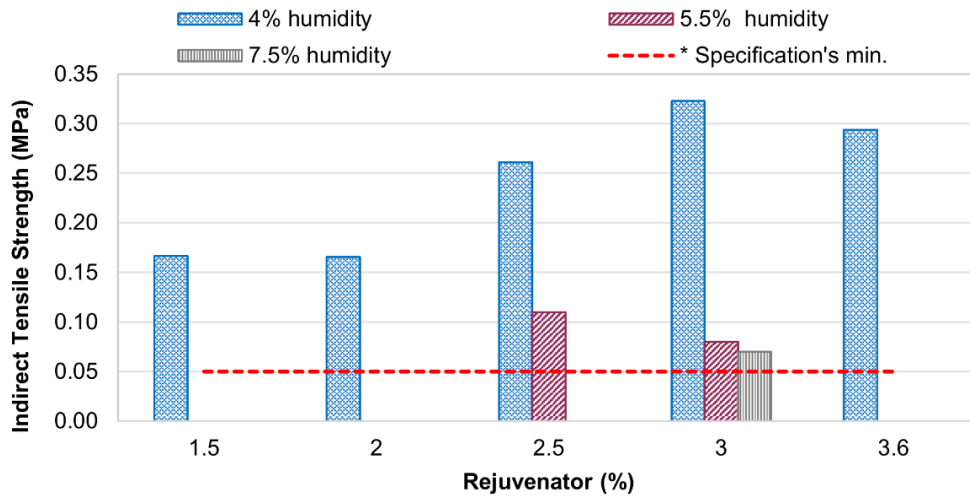


\* From Italian specifications; Comune di Milano 2016

Figure 2. Marshall Stabilities

### 3.3. Indirect Tensile strength

HMA tensile strength is important because it is a good indicator of cracking potential. A high tensile strain at failure indicates that a particular HMA can tolerate higher strains before failing, which means it is more likely to resist cracking than an HMA with a low tensile strain at failure [10]. Also, Indirect Tensile Strength (ITS) is an indicator of strength and adherence against fatigue, temperature cracking and rutting [11]. For the current study, the tests were done following EN 12697-23 European standard at 25°C on the Marshall compacted-compacted specimens (50 blows, each face). Fig. 3 shows the ITS of the tested mixtures compared with the local specification's criterion. According to the results it can be seen that the ITS value of all the mixtures were above the specification's criterion (Comune di Miano, 2016 [8]). From another point of view, it noteworthy that the obtained test results followed the same trend with the Marshall Stability test, which could be considered for mix design verification. Hence, comparing the Marshall Stability and ITS test values, mixture no. 3 and no. 6 were selected as for candidate mixtures for being tested by complementary test methods. However, it should be noted that the choice of 2.5% for the dosage was a compromise between production costs and performance.



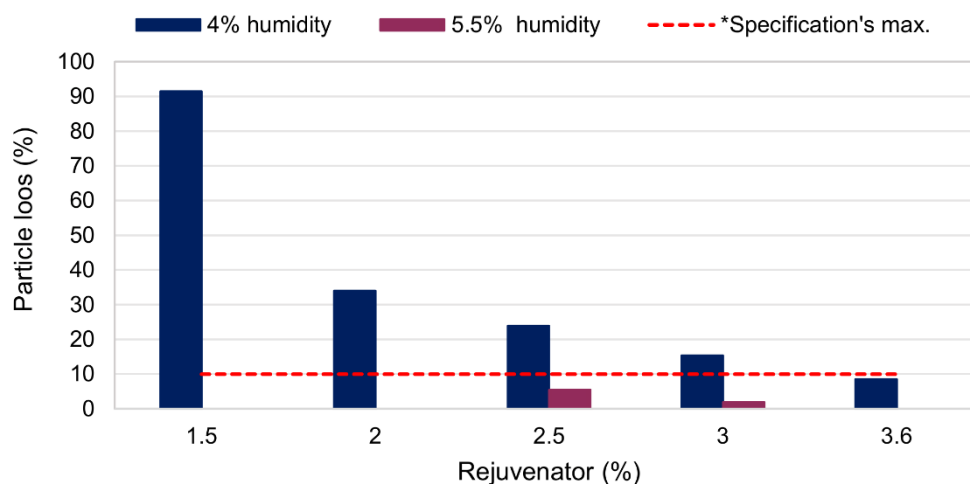
\* From Italian specifications; Comune di Milano 2016

Figure 3. Indirect Tensile Strength (ITS) values

### 3.4. Cantabro particle loss

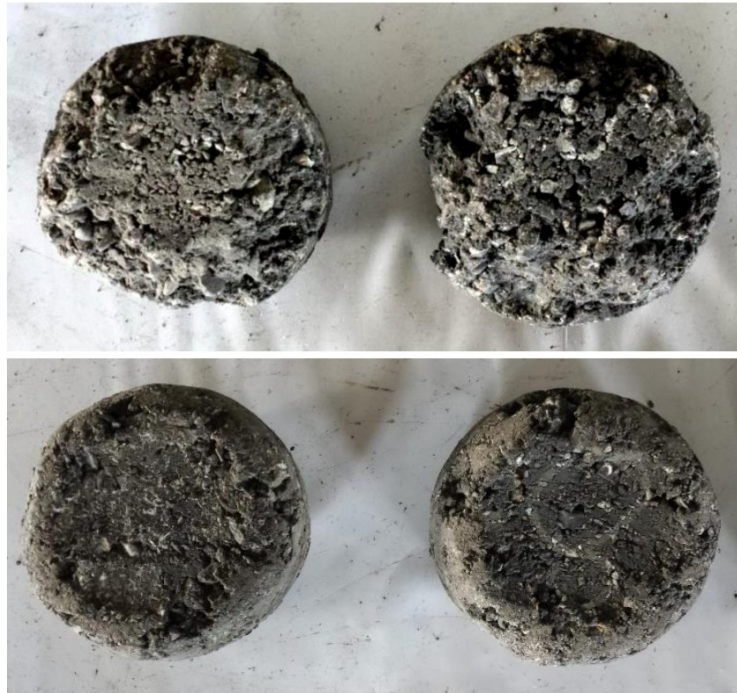
The Cantabro test method; EN 12697-17 [12] was used to characterize the ravelling resistance of the cold-recycled asphalt mixtures. In the literature, the particle loss weight is considered as the mixture's durability criteria, which strictly depend on the type, amount and characteristics of the incorporated binder [13]. Here, the test was carried out on the Marshall compacted specimens (50 blows on each face), which were conditioned 7 days at 25°C.

Fig. 4 represents the obtained test results of the tested specimens, condition for 7 days at 25°C. The results were compared to the specifications limit (Comune di Miano, 2016 [8]) for cold asphalt mixtures conditioned at 25°C for 28 days. Bearing in mind this point, the presence of the optimum moisture is utterly important for the cohesion properties of cold recycled asphalt mixtures. It is worth to mention that the particle loss value for the mixture containing 7.5% of residual moisture and 3% of the rejuvenating agent was not applicable. It should be noted that the specification threshold for particle loss I is for the samples with 28 days of curing, while due to the time limitations for the mix design, we have run the tests on specimens with 7 days of conditioning. Hence, it is expected that all the obtained results be more than the specification's criterion.



\* From Italian specifications; Comune di Milano 2016

Figure 4. Cantabro Particle loss



**Figure 5.** On the top, the Cantabro specimens of mix no. 3 and on the bottom, the Cantabro Specimens of mix no.6

### 3.5. Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR)

Moisture damage-related distress is a primary concern limiting the application of cold-mix asphalt as an alternative to hot-mix asphalt in the field [14]. The main concerns of moisture damage are in the form of stripping resulting from the loss of bonding between bitumen binder and aggregate. Two mechanisms lead to moisture damage in cold mix asphalt: one is the potential incomplete coating as a result of the charge incompatibility between emulsion and aggregate; the other is the presence of water in the mixture.

The ITSR test as specified by EN 12697-12 [15] was used to evaluate the moisture sensitivity of the selected mixtures (no. 3 and no. 6) in this study. The mixtures were prepared using gyratory compacted specimens at ambient temperature applying 40 gyrations. Table 3 represents the obtained ITSR values for mixtures no. 3 and 6. According to the results even though there was no local specification criterion for TSR values of cold mix asphalt, it is apparent that the mixtures performed very well to the presence of moisture.

**Table 3.** Moisture susceptibility in terms of ITSR

Mixture ID	ITS Dry (MPa)	ITS Wet (MPa)	ITSR (%)
no. 3	0.17	0.163	95.8
no. 6	0.15	0.145	96.4

## 4. CASE STUDY AND TRIAL SECTIONS

Cold-mix recycled asphalt mixture serves as a promising paving material for applications ranging from preventive maintenance to full-scale pavement construction. Here the following sections are some of those experiences using 100% cold cold-mix recycled asphalt mixture containing the introduced rejuvenating agent.

### 4.1. Maintenance work

The mixture, which optimized following the aforementioned procedure was successfully used for maintenance works in the province of Bologna, Italy. The objectives were mainly patching the potholes and extended deteriorated areas as shown in Fig. 6. The trial maintenance works were monitored visually for a month after

placement of mixture controlling the probable raveling or early distress. Thanks to the perfect mix design, no raveling or any other distress were seen after one month-monitoring.



**Figure 6.** *On the left, placing the mixture for patching a pothole, first day. On the right compacted surface after 14 days*

#### 4.2. Binder (intermediate) layer

The cold asphalt mixtures are probably the most sustainable solution for bottom layers of road pavements (e.g. binder Layer or stabilized base course) with a low/medium level of traffics. In this regard, a 100% cold-recycled asphalt mixture was optimized for binder layer in Spain, using 2% (on the weight of RAP) of the mentioned rejuvenating agent examining the capability of using this rejuvenating agent producing a qualified binder layer. It is worth mentioning that due to the grading curves of the RAP used in this project, 2% of cement was added improving its grading curve. Fig.7 shows the trial section before and after laying the 100% cold-recycled asphalt layer.



**Figure 7.** *On the left, milled surface before laying binder layer; on the right compacting the binder layer*

The laid binder layer was studied both with in situ tests and laboratory tests on the samples collected from the trial section. The in situ controls were carried out mainly by visual inspections including the surface texture, bonding between layers, and rutting susceptibility. Shown in Fig. 8, the macrotexture of the final surface complied with standard and during the direct service life (before laying the wearing course) no raveling was seen on the surface.



**Figure 8.** *100% cold recycled binder layer in Spain after completing the compaction*

As an important factor, the bonding quality between the recycled binder layer and stabilized base layer were controlled by taking cores and evaluating the level of bonding. Fig. 9 shows the cores, which were taken from the laid binder layer after 2 weeks of placement.



**Figure 9.** *Asphalt cores from trial section*

One of the in situ controls of this project was periodically controlling the permanent deformation. Shown in Fig. 10 the depth of rutting was controlled in sections specified spacing on the trial section. During this controls no significant rutting was recorded for this trial section before laying the wearing course.





**Figure 10.** *Controlling the Rutting periodically after placement*

In addition to periodically in situ controls, the sample collected from trial section was investigated employing of ITS, Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM), and Marshall Stability. The results are shown in [Table 4](#). According to the tests' results, it can be seen that the values complied with considered specification's criteria discussed above.

**Table 4.** *Comparing the trial section quality with the mix design*

Test	Standard	Mix design test result	Trial section test result
Air voids	12697-08	11.91 (%)	9.39 (%)
Moisture susceptibility	12697-12	92 (%)	83 (%)
Indirect Tensile Strength (ITS)	12697-23	0.23 (MPa)	0.26 (MPa)
Indirect Tensile Stiffness Modulus (MPa)			
@ 5°C		8569	7208
@ 20°C	12697-26	4184	3502
@ 30°C		2411	2046
Marshall Stability (kN)			
Conditioning @ 25°C		15.59	15.36
Conditioning @ 60°C	12697-34	3.38	3.88

## 5. CONCLUSION

Compared with traditional hot-mix asphalt (HMA) and warm-mix asphalt, cold-mix recycled asphalt provides many environmental and practical benefits; specific examples include a reduction in heating energy and emissions and longer working time for transportation and placing. This paper represented a performance base mix design of 100% cold-mix recycled asphalt mixtures containing an innovative rejuvenating agent. The followings are some of the noteworthy concluding remarks notified during the mix design study and laying the trial sections with different functions and RAP sources.

- The moisture content is of utmost importance in the performance properties of 100% cold-recycled asphalt pavements.
- According to the data obtained from monitoring a trial section made with 100% cold-recycled asphalt pavements and 2% of the rejuvenating agent. It was found out that against the expectations such this mixtures could be a suitable sustainable solution for the binder layer of roads with low/medium traffic load. According to the inspections, while the laid binder layer was performed acceptably against

permanent deformation, some microcracks were also observed. However, this could be due to the direct loading of the binder layer and late placement of wearing course.

- Providing a scratched surface (stabilized base layer) before laying the binder layer, no bonding inefficiency was observed in this project.

## 6. FUTURE SCOPES

Considering that up to now there is no standardized mix design procedure and testing method as for cold recycling the authors recommend to apply the needed performance tests depending on the service load and dominant temperature. In this respect, further cold-weather cracking and resistance to fatigue are recommended and planned for cold recycled asphalt mixtures containing such rejuvenating agent.

## References

- [1] Sangiorgi, C.; Tataranni, P.; Simone, A.; Vignali, V.; Lantieri, C.; Dondi, G. 2017. A laboratory and field evaluation of Cold Recycled Mixture for base layer entirely made with Reclaimed Asphalt Pavement, *Construction and Building Materials* 138 (2017) 232–239.
- [2] Esenwa, M.; Davidson, J. K.; Kucharek, A. S.; Moore, T. 2013. 100% Recycled Asphalt Paving, *Our Experience*, Canadian Technical Asphalt Association 2013
- [3] Davidson, K. J.; Kucharek, A.; Houston, G. 2006. A review of cold mix processes in Canada.
- [4] Davidson, J.K. 2005. Progress in Cold Mix Process in Canada”, *Proceedings, Canadian Technical Asphalt Association*, 50, 138 – 157.
- [5] Hugener, M.; Partl, M. N.; Morant, M. 2014. Cold asphalt recycling with 100% reclaimed asphalt pavement and vegetable oil-based rejuvenators, *Road Materials and Pavement Design* 15(2). DOI: 10.1080/14680629.2013.860910
- [6] Capitolato speciale d'appalto 2008–2009, parte seconda, *Prescrizioni tecniche, Autostrada del Brennero S.P.A, Italy*.
- [7] Behl, A.; Kumara G.; Sharmaa, G.; Jain P.K. 2013. Evaluation of field performance of warm-mix asphalt pavements in India. 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG).
- [8] Comune di Milano, 2016. *Specifiche Tecniche. Listino Prezzi per l'esecuzione di opere pubbliche manutenzioni*.
- [9] *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types. Manual Series No. 2 (MS-2)*.1979. Asphalt Institute. Lexington.
- [10] Pavement interactive. HMA Performance Tests (on-line) available at: <https://www.pavementinteractive.org/> (18.06.2019)
- [11] Bindus, C. S. 2012. Influence of additives on the characteristics of stone matrix asphalt, Cochin University of Science and Technology, India.
- [12] Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 17: Particle loss of porous asphalt specimen, 2004.
- [13] Shirini, B.; Imaninasab, R. 2016. Performance evaluation of rubberized and SBS modified porous asphalt, *Constr. Build. Mater.*
- [14] Ling, C.; Hanz, A.; Bahia, H. 2014. Evaluating Moisture Susceptibility of Cold-Mix Asphalt, *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*. DOI: 10.3141/2446-07
- [15] Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Determination of the water sensitivity of bituminous specimens, 2003.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

502.17:625.7/.8(082)(0.034.2)

502.17:656.1(082)(0.034.2)

625.7:551.583(082)(0.034.2)

НАУЧНО-стручни скуп "Пут и животна средина" (6 ; 2019 ; Врњачка Бања)

Зборник радова [Електронски извор] = Proceedings / Шести научно-стручни скуп "Пут и животна средина", Врњачка Бања, 23-25. октобар 2019. = The 6th Scientific-Expert Meeting "Roads and Environment", Vrnjaska Banja, Serbia, October 23-25, 2019 ; уредници Сања Фриц, Горан Младеновић. - Београд : Српско друштво за путеве Via Vita, 2019 (Београд : Елите Принт). - 1 електронски оптички диск (CD-ROM) ; 12 cm

Системски захтеви: Нису наведени. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Тираж 120. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-86-88541-12-1 (СДПВВ)

а) Путеви - Животна средина - Зборници б) Друмски саобраћај - Животна средина - Зборници с) Путеви - Климатски утицај - Зборници

COBISS.SR-ID 280177676



**TITAN Cementara Kosjerić d.o.o.**  
Živojina Mišića b.b, 31260 Kosjerić, Srbija  
T: +381 31 590 333 | F: +381 31 590 381  
[www.titan.rs](http://www.titan.rs)



HSH Chemie d.o.o.  
Milutina Milankovića 1C  
11070 Beograd, Srbija  
T: +381 11 22 87 560  
serbia@hsh-chemie.com  
www.hsh-chemie.com

**HSH Chemie grupa** je vodeći distributer sirovina i aditiva za hemijsku industriju u Srednjoj i Istočnoj Evropi, sa više od 30 godina iskustva i mrežom od 12 svojih kompanija na pomenutoj teritoriji. HSH Chemie grupa je u porodičnom vlasništvu, sa sedištem u Hamburgu, zapošljava preko 200 ljudi i pruža usluge na 22 tržišta Srednje i Istočne Evrope. Kontinualno unapređuje svoju poziciju na tržištu, a grupa je u 2018. godini ostvarila promet od 182 miliona EUR.

HSH Chemie grupa distribuira proizvode multinacionalnih kompanija svetskog ugleda i ostalih odabranih dobavljača, u cilju efikasnog i kvalitetnog pružanja usluge i snabdevanja kupaca u sledećim oblastima industrije:

- premazi, adhezivi i građevinska hemija,
- kozmetika i kućna hemija,
- prehrana, životinjska ishrana i farmacija,
- plastika i guma,
- specijalne industrijske primene.

U Srbiji grupu predstavlja firma HSH Chemie d.o.o. koja svoje usluge u pomenutim oblastima pruža na teritoriji Srbije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i Severne Makedonije.



**Iterchimica S.r.l.** je italijanska porodična kompanija osnovana 1967. godine, koja se bavi aditivima za asfalt i bitumen, a prisutna je u više od 90 zemalja sveta.

Iterchimica (latinski *iter* = put; *chimica* = hemija) proizvodi i isporučuje proizvode koji unapređuju svojstva bitumena i asfaltnih konstrukcija, a sve u cilju povećanja sigurnosti, efikasnosti, performansi i održivog okruženja.

Iterchimica saraduje sa investitorima, projektantima i izvođačima radova, kako tokom faze projektovanja i izgradnje, tako i tokom faze održavanja, ne obezbeđujući samo proizvode već i tehničku podršku. Laboratorije Iterchimica su sertifikovane od strane italijanskog Ministarstva obrazovanja i istraživanja (M.I.U.R.), a sama kompanija održava kontinuirano partnerstvo sa vodećim italijanskim i međunarodnim univerzitetima koji se bave razvojem u oblastima asfaltiranja puteva i hemijsko-tehnološkim istraživanjima.

Iterchimica je osnivač je italijanske asocijacije asfaltne industrije, SITEB (Strade Italiane E Bitumi).

Plasman svojih proizvoda i tehnologija na teritoriji Srbije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i Severne Makedonije, Iterchimica ostvaruje u saradnji sa svojim distributerom HSH Chemie doo.



Iterchimica S.r.l.  
Via G.Marconi, 21 –  
24040 Suisio (BG), Italija  
T. +39 035 90 11 21  
info@iterchimica.it  
www.iterchimica.it

# 40

*година liniјама успеха*



# ŠIDPROJEKT

ДРУШТВО ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ИНЖЕЊЕРИНГ

EN ISO 9001:2015  
EN ISO 14001:2015  
BS OHSAS 18001:2007  
ISO/IEC 27001:2013  
EN ISO 50001:2011



Сертификован од:



# 1979-2019

- ИЗРАДА ТЕХНИЧКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ
- ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА
- СТРУЧНИ НАДЗОР
- ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕДИ
- ИЗДАВАЊЕ ЕН.ПАСОША
- ИЗРАДА СТУДИЈА ОПРАВДАНОСТИ
- ИЗРАДА СТУДИЈА О ПРОЦЕНИ УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ
- ОЗАКОЊЕЊЕ ОБЈЕКТА
- ИНЖЕЊЕРИНГ

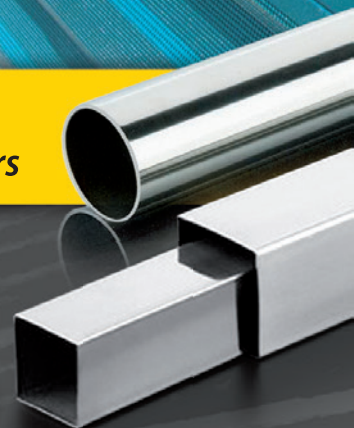
Кнеза Милоша 2  
22240 Шид  
tel.: +381 22 712 044  
+381 22 712 004  
fax: +381 22 716 020  
e-mail: office@sidprojekt.rs  
www.sidprojekt.rs



30 1989-2019  
**UNIPROMET**

**UNIPROMET DOO** • Bulevar Oslobođilaca 92a • 32000 Čačak • Srbija  
Tel/fax: +381 32 357 040 • office@unipromet.co.rs • www.unipromet.co.rs

- Proizvodnja i ugradnja zaštitnih i žičanih ograda za puteve
- Proizvodnja i ugradnja panela za zaštitu od buke
- Proizvodnja šavnih cevi
- Proizvodnja čeličnih konstrukcija za solarne elektrane
- Proizvodnja različitih čeličnih konstrukcija
- Zaštita čeličnih konstrukcija procesom toplog cinkovanja
- Međunarodni transport



## PREMAZI ZA DRVO, METAL I MINERALNE PODLOGE

# Naše znanje. Vaš uspeh.



Fabrika boja i lakova PITURA je renomirani proizvođač zaštitnih i dekorativnih premaza za industrijsku, profesionalnu upotrebu i široku potrošnju. Kao porodična firma u drugoj generaciji, naša ključna načela su vrhunski kvalitet proizvoda, ekološki i ekonomski pristup, i pre svega trajni odnosi sa kupcima.

Za nas, slogan "Naše znanje. Vaš uspeh." znači predvideti zahteve sektora i podržati naše kupce kao partnere sada i u budućnosti, inovativnim i ekonomičnim rešenjima. Sa proverenim i atestiranim proizvodima i spremnošću za nove formulacije, Pitura je pouzdan partner u maloprodaji i industriji već više od dve decenije.

Nudimo premaze za mineralne podloge na:

- ✓ vodenoj bazi,
- ✓ na bazi epoksida,
- ✓ poliuretana i
- ✓ akrilata.

*Svi naši proizvodi su atestirani u akreditovanim laboratorijama u zemlji i inostranstvu.*

ISO 9001

ISO 14001

OHSMS 45001

PITURA d.o.o. fabrika boja i lakova

A Batajnički drum 10v, 11080 Beograd, Srbija

T +381 (11) 37 55 434 E pitura.prodaja@gmail.com

[www.pitura.co.rs](http://www.pitura.co.rs)



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.



Institut za puteve ad, Beograd  
Bulevar Peka Dapčevića 45, 11000 Beograd  
[www.highway.rs](http://www.highway.rs)



ISO 9001:2008 NR.01432/0  
ISO 14001:2004 NR.02707/0  
BS OHSAS 18001:2007 NR.01403/0



ATS

More than 60 years of experience



ПЕТЉА  
БАТАЈНИЦА НА  
АУТОПУТУ Е-75,  
БЕОГРАД

**Panpro team doo** је млада компанија, на прагу своје прве деценије постојања, чији су оснивачи инжењери са близу 20 година искуства. Основна делатност **Panpro team doo** је израда пројектно техничке документације у области путева, са посебним акцентом на заштиту животне средине и безбедност саобраћаја.

**Panpro team doo**, осим услуга техничке контроле пројеката и надзора, најзначајније искуство поседује у пројектовању путева, где се истичу:

- генерални и идејни пројекти са пратећим студијама за реконструкцију и изградњу државних путева највишег ранга (IA и IB реда);
- главни пројекти и пројекти за извођење, и пројекти изведеног објекта за изградњу, реконструкцију и рехабилитацију, како државних путева IA и IB реда, тако и регионалних и локалних путева, и путних прикључака;
- градске саобраћајнице и раскрснице са пратећом инфраструктуром;
- саобраћајнице у оквиру привредних комплекса.

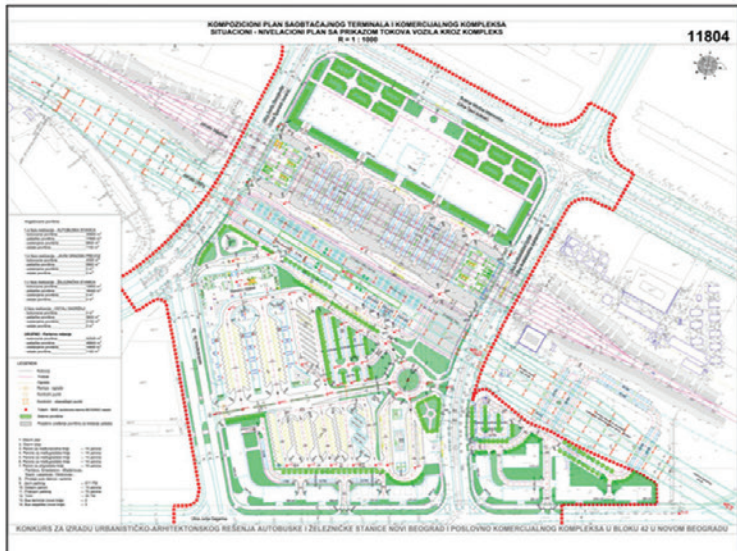
**Panpro team doo** поседује лиценцу П131Г2 издату од стране надлежног министарства, а искусан тим стручњака који чини компанију, пружа висок ниво услуге применом лиценцираних програмских пакета. **Panpro team doo** се истиче континуираном професионалном сарадњом са експертима из свих области везаних за своју делатност, а препозната посвећеност тимском раду углавном резултира водећом улогом коју компанија заузима током израде мултидисциплинарних пројеката.



**Panpro Team d.o.o.**  
Generala Rajevskog 1  
11118 Beograd, Srbija  
Tel: +381 11 7839 105  
Fax: +381 11 4061 590  
E mail: office@panpro.rs  
Internet: www.panpro.rs

# Putinvest

PLANIRANJE | PROJEKTOVANJE | KONTROLA | UPRAVLJANJE PROJEKTIMA



Na tržištu smo prepoznati kao odgovoran i stručan partner u realizaciji projekata putne infrastrukture, gradskih saobraćajnica i uređenja prostora.

Uspešno poslujemo zahvaljujući zajedničkom zalaganju kolektiva koji se vodi vizijom kvalitetne i bezbedne putne i saobraćajne infrastrukture, visokog nivoa usluge, u skladu sa svim regulatornim zahtevima i najboljom profesionalnom praksom.



# FRAGMAT S



**HIDROIZOLACIJA**



[www.fragmat.rs](http://www.fragmat.rs)



**TERMOIZOLACIJA**



**PODNO GREJANJE**



**FRAGMAT S d.o.o. Šid**

Branka Erića 7

22400 Šid

Tel/Fax: + 381 22 710 633

+ 381 22 710 666

**FRAGMAT S d.o.o.**

Distributivni centar Beograd

Orsona Velsa 3 (Surčinska 11f)

11077 Novi Beograd - Ledine

Tel/Fax: + 381 11 2260 129

+ 381 11 2260 382

Časopis "Put i saobraćaj" (Journal of Road and Traffic Engineering)

# NAUČNO STRUČNI ČASOPIS SRPSKOG DRUŠTVA ZA PUTEVE VIA-VITA

Uredništvo naučno-stručnog časopisa **Put i saobraćaj** ima zadovoljstvo da obavesti naučnu i stručnu javnost da je značajno unapređen časopis kroz on-line prijavu, recenziju i publikovanje časopisa uz pomoć Open Journal System-a na sajtu časopisa, na adresi [www.putisaobracaj.rs](http://www.putisaobracaj.rs).

**O**d broja 1-2018, članci će imati obezbeđen DOI broj, te će biti prisutni u indeksiranim bazama kao što je Google Scholar, Scopus i sl. Ovo je omogućeno nakon potpisivanja ugovora između časopisa i asocijacije Crossref; na taj način je časopis postao deo Crossref zajednice. Zahvaljujući DOI broju, radovi i njihovi autori će biti vidljivi u indeksiranim bazama. Na taj način će se povećati citiranost radova i autora koji objavljuju radove u časopisu.

S obzirom na navedena unapređenja časopisa, uredništvo naučno stručnog

## Tematske oblasti

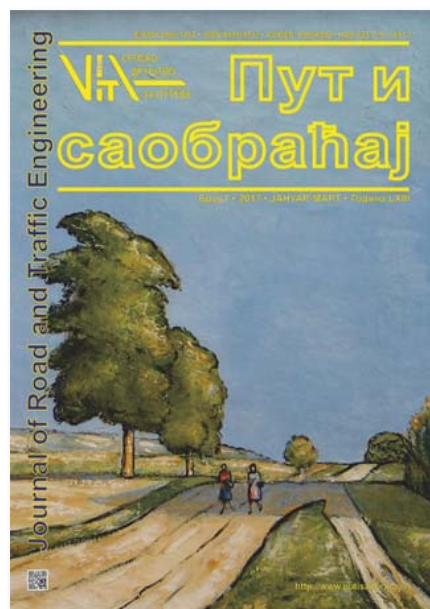
Objavljivanja naučnih i stručnih radova u časopisu su tematski određena i usmerena na teorijska i primenjena istraživanja u sledećim oblastima:

1. Saobraćaj i ekonomija,
2. Projektovanje puteva i gradskih saobraćajnica, aerodromskih pista i putne infrastrukture,
3. Održavanje puteva i gradskih saobraćajnica,
4. Projektovanje mostova, tunela i građevinskih konstrukcija,
5. Ekologija i prostorno planiranje,
6. Bezbednost saobraćaja,
7. Putna informatika i upravljanje putevima,
8. Geotehnika,
9. Kolovozne konstrukcije,
10. Građevinski materijali.



časopisa **Put i saobraćaj** poziva naučnu i stručnu javnost da uzme aktivno učešće u razvoju našeg najstarijeg naučno-stručnog časopisa za putno i saobraćajno inženjerstvo kroz objavljivanje naučnih i stručnih radova u časopisu.

Časopis **Put i saobraćaj** je pokrenut 1955. godine sa ciljem okupljanja najšireg kruga stručnjaka koji se bave putnim i saobraćajnim inženjerstvom. Ča-



**Cilj uredništva** je da kroz permanentno povećanje kvaliteta, časopis bude mesto razmene novih naučnih i stručnih ideja koje će kroz radove u časopisu dospeti do šire naučne i stručne javnosti, za šta nam je potrebna međusobna saradnja.

sopis „Put i saobraćaj” ISSN 0478-9733 (EISSN 2406-1557) se publikuje tromesečno i redovno dostavlja svim reprezentativnim bibliotekama u Srbiji, regionu i u Evropi. Časopis **Put i saobraćaj** dobijaju sve naučne ustanove, fakulteti i instituti, kao i preduzeća za puteve, projektantske firme, ministarstva saobraćaja i građevinarstva, sekretarijati, direkcije, kao i institucije od lokalnog do republičkog nivoa u regionu (Srbija, BiH, R. Srpska, Crna Gora, Slovenija, Hrvatska i Makedonija). Radovi u časopisu su recenzirani i sadrže ocenu naučnog, stručnog i praktičnog značaja radova. Časopis **Put i saobraćaj** se nalazi u kategoriji naučnih časopisa M51, odnosno u kategoriji vodeći nacionalni časopis.

Glavni i odgovorni urednik  
prof. dr Draženko Glavić, dipl. inž. saob.

## СРПСКО ДРУШТВО ЗА ПУТЕВЕ "VIA-VITA"

### 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.

### 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 друштва за путеве "VIA-VITA" доноси најновије научне и стручне радове из путног и саобраћајног инжењерства.

## SERBIAN ROAD SOCIETY "VIA-VITA"

### 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.

### 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@viavita.rs](mailto:clanstvo@viavita.rs)

### ИНТЕРНЕТ ПРЕЗЕНТАЦИЈА

Доноси најновије научне и стручне вести из путног, саобраћајног инжењерства и путоградње на адреси: [www.viavita.rs](http://www.viavita.rs)