

Inženjerska geodezija 1

PREDAVANJE

GEODETSKO SNIMANJE - PREMIER U INŽENJERSKIM PROJEKTIMA

dr Milutin Pejović, dipl.geod.inž.

mpejovic@grf.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

Odsek za geodeziju i geoinformatiku

Beograd, 2026.



Koji su osnovni zadaci inženjerske geodezije?



Geodetsko snimanje (detaljni premer) u inženjerskim projektima

Geodetsko snimanje (detaljni premer) u inženjerskim projektima odnosi se **prikupljanje prostornih podataka o geometriji** (oblik, dimenzije, međusobni odnosi) i **semantičkih podataka** (značenje, funkcija i svojstva) postojećeg stanja područja ili prostora (područja).

Svrha geodetskog snimanja je stvaranje ažurne evidencije o postojećem stanju objekta ili prostora.

Proizvodi geodetskog snimanja predstavljaju **osnov za izradu planske i tehničke dokumentacije** neophodne za dalje planiranje izgradnje ili izmena postojećih objekata, kao i za proveru sprovedenih radova i kontrolu kvaliteta. Proizvod geodetskog snimanja mogu služiti za izradu geodetskog elaborata neophodnog za evidenciju objekta u bazama javnih preduzeća (katastar itd).

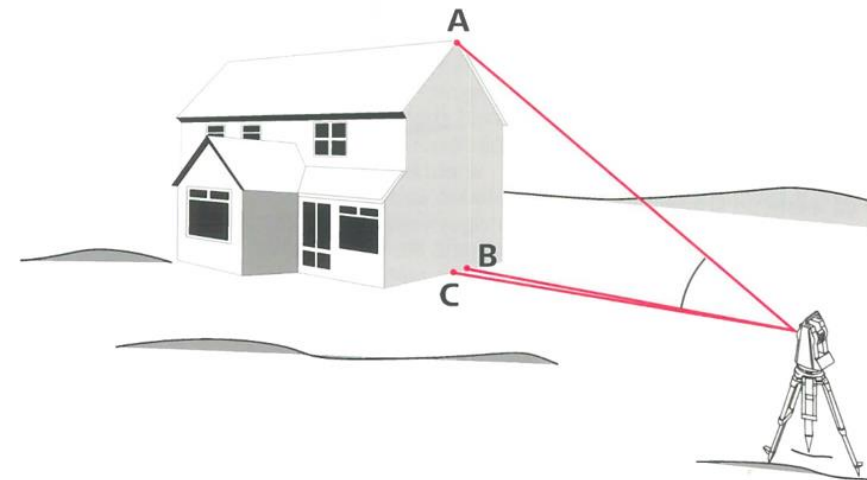
Tehnike geodetskog snimanja (detaljnog premera) u inženjerstvu

Tehnike geodetskog snimanja (detaljnog premera) mogu se podeliti u dve grupe:

- 1. Selektivno geodetsko snimanje – diskretizacija predmeta snimanja**
- 2. Neselektivno geodetsko snimanje – snimanje visoke detaljnosti.**

Selektivno geodetsko snimanje (detaljni premer)

Selektivno geodetsko snimanje (detaljni premer) podrazumeva primenu tradicionalnog pristupa u prikupljanju prostornih podataka, odnosno određivanje koordinata karakterističnih tačaka područja ili objekata, čime se vrši **diskretizacija područja ili objekata koji se snimaju**. Snimljene tačke se zatim nanose na plan ili tehnički crtež, povezuju linijama i formiraju oblike (forme i geometriju) predmeta snimanja. Tehnike koje se najčešće koriste u ovom pristupu su **Totalne stanice, GNSS RTK i niveliri** (detaljni nivelman).



Ovaj pristup zahteva da čovek sa geodetskim signalom (štapom sa prizmom) ili GNSS prijemnikom **odabere i obiđe tačke** koje će biti snimljene. U praksi je neophodno doneti odluke o tome **koje tačke treba uključiti, a koje izostaviti**, što zahteva stručnu procenu onoga ko vrši snimanje. Iskusan operater će biti u stanju da snimi područje **sa manjim brojem tačaka** nego neiskusan, pri čemu će izabrati tačke na **odgovarajućim položajima**, naročito u slučajevima kada je potrebno snimiti topografiju terena. Zbog toga tehnike selektivnog detaljnog premjera zahtevaju veštine koje se stiču **iskustvom i praksom**. Vešt operater može svom poslodavcu uštedeti **vreme i novac**, prikupljanjem dovoljne količine podataka u kratkom vremenskom periodu. Međutim, čak ni najiskusniji operater ne može snimiti **svaku tačku** na terenu, te se kod svakog selektivnog detaljnog premjera mora napraviti kompromis između količine prikupljenih podataka i vremena i sredstava dostupnih za njihovo prikupljanje.

Savremena praksa selektivnog geodetskog snimanja snimanja

Selektivno geodetsko snimanje, iako tradicionalno, sa razvojem tehnologije doživelo je značajna unapređenja i dobru praksu koja je omogućila, automatizaciju samog snimanja i obrade podataka snimanja, kao i mogućnost prikupljanja dodatnih informacija što omogućava dalju informacionu analizu podataka u prostoru.

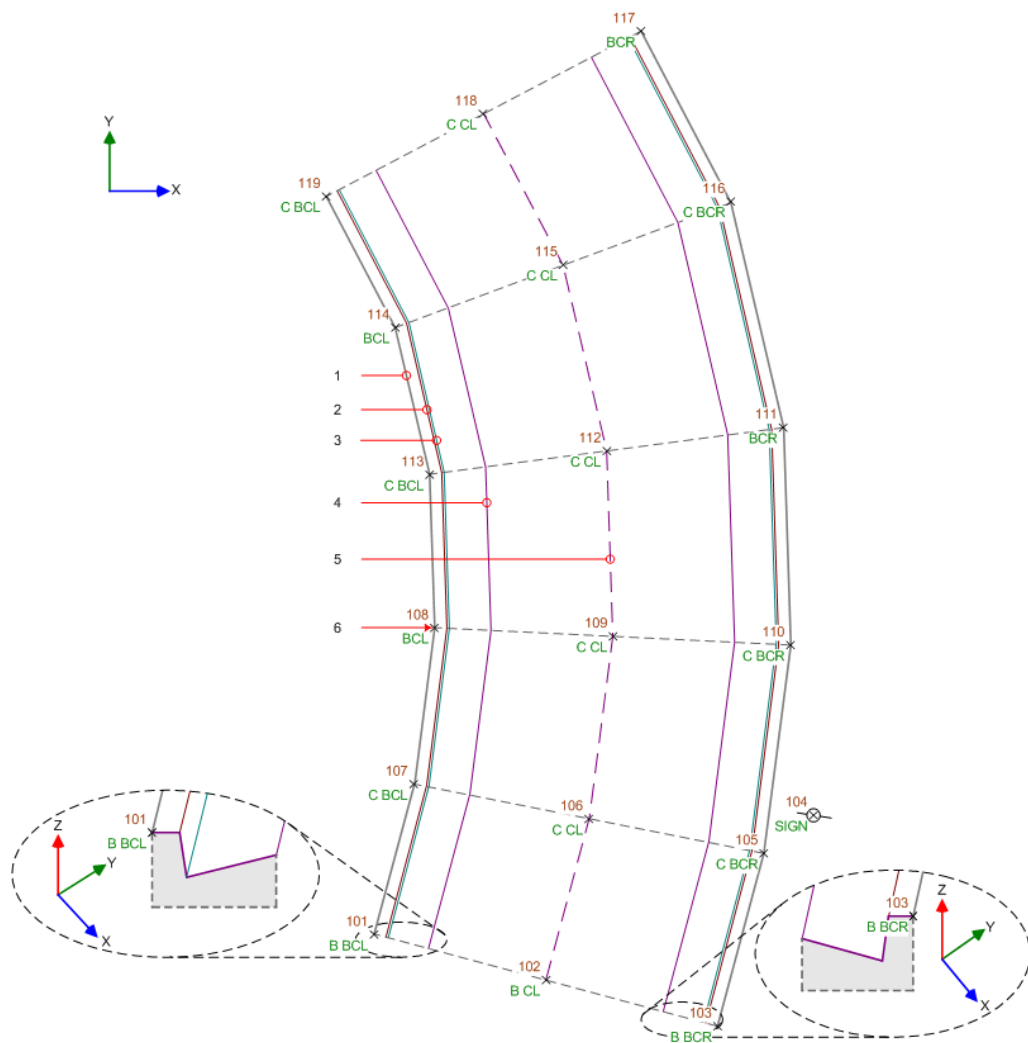
Tako na primer:

- **Automatizacija snimanja** izdignuta je na viši nivo korišćenjem **robotizovanih totalnih stanica**. Robotizovane totalne stanice u stanju su da prate prizmu u prostoru i da na komandu operatera koji nosi prizmu sa kontrolerom (kojim se daljinski upravlja stanicom) registruje poziciju prizme i sve ostale informacije koje je operater uneo.
- **Korišćenje kodova** (informaciono snimanje) - **kodovi** su standardizovane skraćenice koje se dodelju tačkama tokom terenskog prikupljanja podataka. Svaki kod odnosi se na određene osobine (atribute) tačke. Dodeljivanjem određenog koda tački, praktično se dodeljuju svi atributi koje taj kod nosi sa sobom.

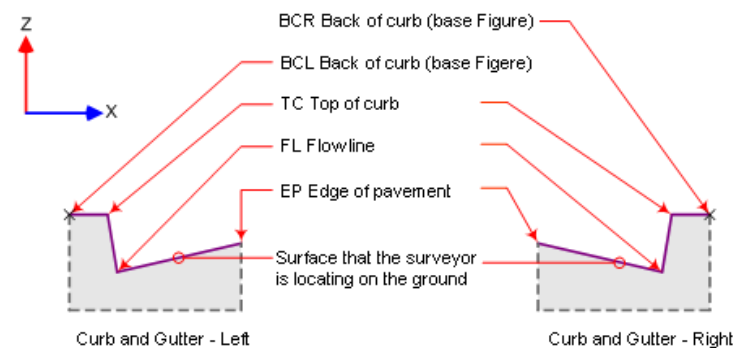
Primena kodova ima sledeće osnovne funkcije:

- **Identifikacija snimljenih detalja** - Kod omogućava da se već na terenu definiše da li snimljena tačka pripada, na primer, ivici kolovoza, osi puta, zgradi, ogradi ili kosini.
- **Razlikovanje tačaka iste geometrije, ali različitog značenja** - Tačke mogu imati sličan položaj, ali različitu namenu (npr. ivica trotoara i ivica zelenila), što se jasno razdvaja kodiranjem.
- **Automatizacija obrade podataka** - Softveri za obradu geodetskih merenja koriste kodove za: 1) automatsko povezivanje tačaka u linije, 2) generisanje topografskih simbola, 3) razdvajanje slojeva (layera), 4) izradu digitalnih modela terena.

PRIMER – Lista kodova softvera Autodesk CIVIL3D



Feature	Field Code	Description Key	Figure Prefix
Edge of pavement	EP<ID>	EP*	EP
Utility Pole	UP<ID>	UP*	
Fence Line	FCE<ID>	FCE*	FCE
Centerline	CL<ID>	CL*	CL
Ditch Line	DL<ID>	DL*	DL
Edge of Gravel	EG<ID>	EG*	EG
Sewer Manhole	SMH<ID>	SMH*	
Storm Manhole	DMH<ID>	DMH<ID>	



- 1: BC (back of curb)
- 2: TC (top of curve)
- 3: FL (flow line)
- 4: EP (edge of pavement)
- 5: CL (centerline of existing roadway)
- 6: Point located in the field by a surveyor

Neselektivno geodetsko snimanje – snimanje visoke detaljnosti

Za razliku od **selektivnog geodetskog premera**, kod koga operater na terenu bira koje tačke će biti snimljene, **neselektivno geodetsko snimanje** podrazumeva **automatsko prikupljanje velikog broja prostornih tačaka**, pri čemu se **svi vidljivi detalji** u prostoru registruju bez prethodnog izbora pojedinačnih tačaka od strane operatera.

Glavne odlike neselektivnih metoda je da:

- **Operater ne bira pojedinačne tačke,**
- Snimanje se vrši **kontinuirano i automatski,**
- Obrada i selekcija relevantnih informacija se pretežno vrši **naknadno, u kancelariji.**

Tehnike neselektivnog geodetskog snimanja mogu se podeliti u sledeće kategorije:

- Tehnike mobilnog snimanja – snimanje se vrši u pokretu, senzorom koji je postavljen na mobilnu platformu (avion, automobil, dron). Tu spadaju ;
- Tehnike stacionarnog snimanja – snimanje se vrši sa određenih pozicija, senzorom (kamerom ili laserskim skenerom) koji je postavljen na stativ.



Tehnike neselektivnog geodetskog snimanja – Digitalna fotogrametrija

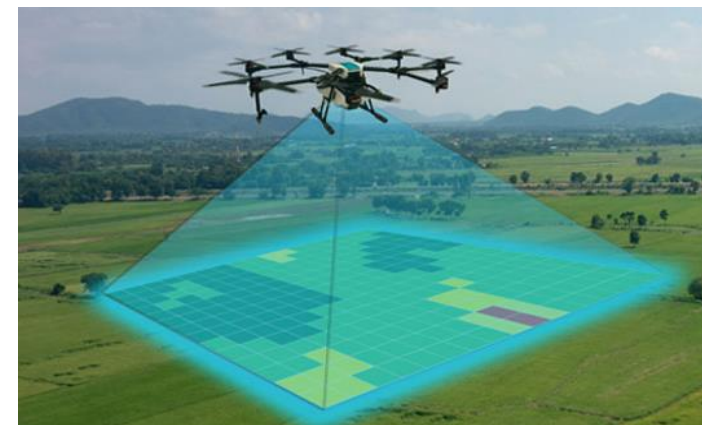
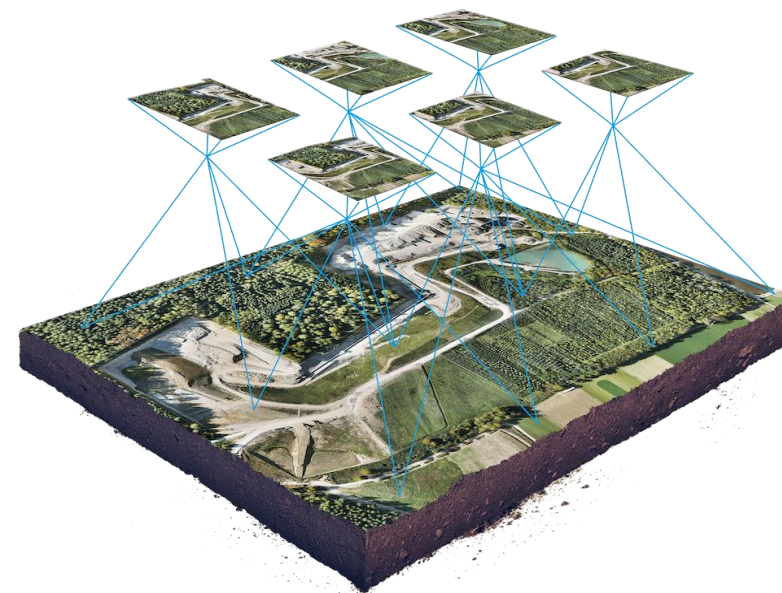
Digitalna fotogrametrija je tehnologija za dobijanje pouzdanih informacija o objektima realnog sveta kroz proces snimanja, merenja i interpretacije fotografskih slika (ASPRS, 1980).

Na osnovu sistematski prikupljenih fotografija nekog područja ili objekta iz različitih pozicija moguće je napraviti tro-dimenzionalnu rekonstrukciju područja ili objekta.

Fotogrametrijski premer se može podeliti na sledeće kategorije:

- **Mobilna fotogrametrija** (Aero ili terestrička) – snimanje se vrši u pokretu, kamerom koja je postavljena na mobilnu platformu (avion, automobil, dron).
- **Terestrička fotogrametrija** (blisko-predmetna fotogrametrija) – snimanje se vrši sa zemlje, postavljanjem kamere na stativ.
- **Satelitska fotogrametrija** – snimanje se vrši iz satelita.

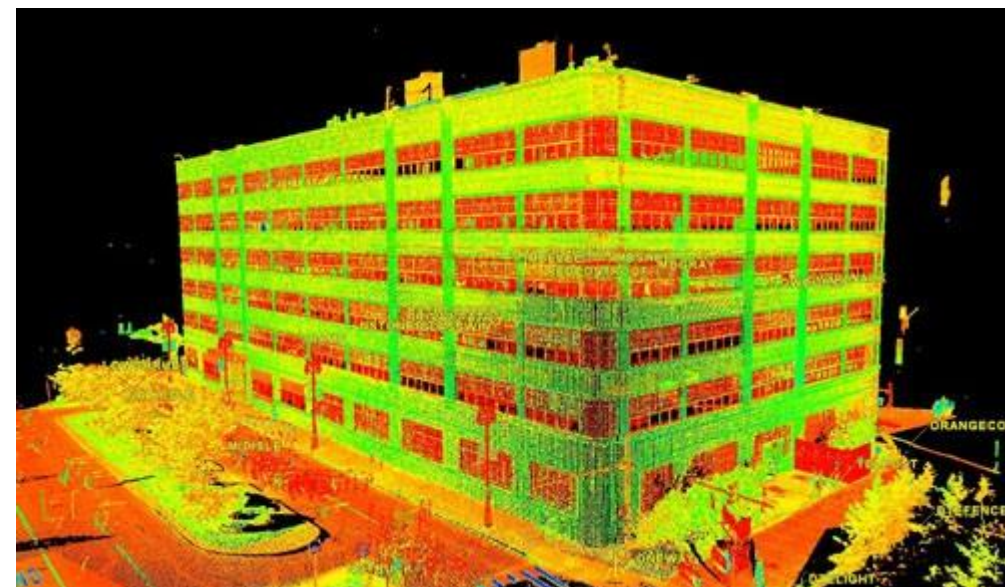
Nagli razvoj bespilotnih letelica (UAV - Unmanned aerial vehicle) i tehnologije snimanja iz vazduha pomoću različitih digitalnih senzora, omogućili su veoma široku primenu UAV sistema za fotogrametrijske svrhe – UAV fotogrametriju.



Tehnike neselektivnog geodetskog snimanja – Lasersko skeniranje

Lasersko skeniranje predstavlja savremenu **neselektivnu geodetsku tehniku** za masovno prikupljanje prostornih podataka, kojom se geometrija terena i objekata registruje pomoću **laserskih zraka**. Za razliku od klasičnih metoda premera, kod laserskog skeniranja ne vrši se izbor pojedinačnih tačaka na terenu, već se snimaju **svi vidljivi delovi objekta ili prostora**, čime se obezbeđuje visok stepen geometrijske detaljnosti. Skener emituje laserski zrak ka objektu, a na osnovu vremena povratka ili fazne razlike reflektovanog signala određuje se rastojanje do svake tačke. Istovremeno se mere **horizontalni i vertikalni uglovi**, čime se svaka registrovana tačka može jednoznačno definisati u prostoru. Proces se odvija izuzetno brzo, pri čemu se u kratkom vremenu može prikupiti **milionski broj tačaka**.

Rezultat laserskog skeniranja, bez obzira na vrstu sistema, jeste gust trodimenzionalni oblak tačaka. Za svaku tačku u oblaku najčešće se registruju RGB vrednosti i intenzitet povratnog laserskog signala, što omogućava jasniju vizuelizaciju i efikasniju analizu prikupljenih podataka.

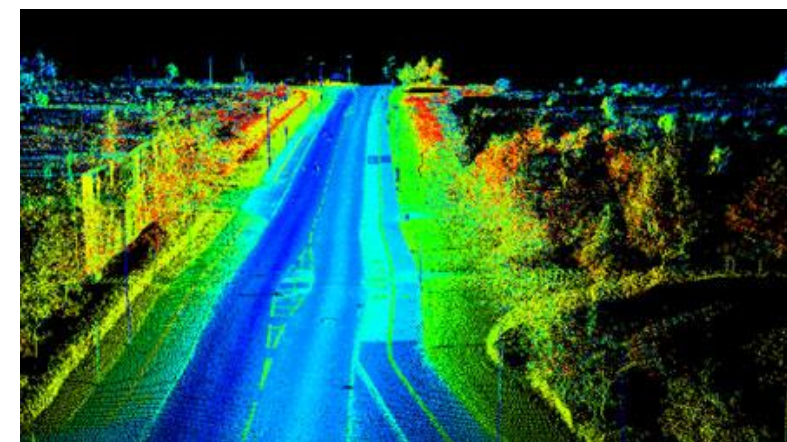


Tehnike neselektivnog geodetskog snimanja – Lasersko skeniranje

U zavisnosti od načina postavljanja i kretanja sistema, lasersko skeniranje se deli na **stacionarno terestričko lasersko skeniranje** i **mobilno lasersko skeniranje**.

- **Stacionarno terestričko lasersko skeniranje (TLS)** izvodi se sa fiksnih pozicija na terenu, pri čemu se skener postavlja na stativ. Sa svake pozicije vrši se detaljno skeniranje okoline, a pojedinačni skenovi se naknadno registruju u jedinstveni koordinatni sistem. Ova tehnika omogućava **veoma visoku tačnost i gustinu podataka**, te se najčešće primenjuje za snimanje zgrada, industrijskih objekata, mostova, tunela, spomenika kulture i za izradu preciznih modela objekata.
- **Mobilno lasersko skeniranje** podrazumeva da se skener nalazi na **pokretnoj platformi**, što omogućava brzo snimanje velikih površina. U zavisnosti od platforme, mobilno lasersko skeniranje može biti:
 - **Aero-lasersko skeniranje (ALS - Aerial Laser Scanning - LiDAR)**, kada je skener montiran na avion ili bespilotnu letelicu, i
 - **mobilno terestričko (MLS – mobile laser scanning)**, kada je sistem postavljen na vozilo ili drugu zemaljsku platformu.

Mobilni sistemi su u pravilu integrisani sa **GNSS i inercijalnim senzorima (IMU)**, koji omogućavaju određivanje položaja i orijentacije skenera tokom kretanja. Ovim pristupom postiže se visoka efikasnost snimanja, naročito kod saobraćajnica, železničkih pruga, urbanih koridora i velikih infrastrukturnih projekata.



Tehnike neselektivnog geodetskog snimanja – Ručni skeneri i in-door snimanje

Ručni skeneri i tehnologije **indoor mapping-a** predstavljaju savremeni pristup prikupljanju prostornih podataka u zatvorenim prostorima, gde klasične GNSS metode nisu primenljive. Ovi sistemi omogućavaju **brzo, fleksibilno i u relativnom smislu precizno** snimanje unutrašnjih prostora. Osnovna prednost ovih sistema je mogućnost **kontinuiranog snimanja u kretanju**, bez potrebe za stabilnim stanicama ili geodetskom mrežom u početnoj fazi.

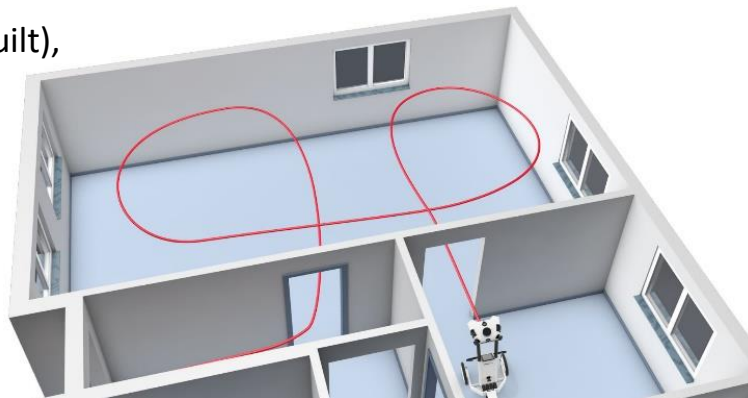
Tipične karakteristike:

relativna tačnost: **1–3 cm** (zavisno od dužine trajektorije), akumulacija greške sa dužinom kretanja, osetljivost na:

- ponavljajuću geometriju (dugi hodnici),
- brze pokrete,
- nedostatak geometrijskih karakteristika.

Tipične primene:

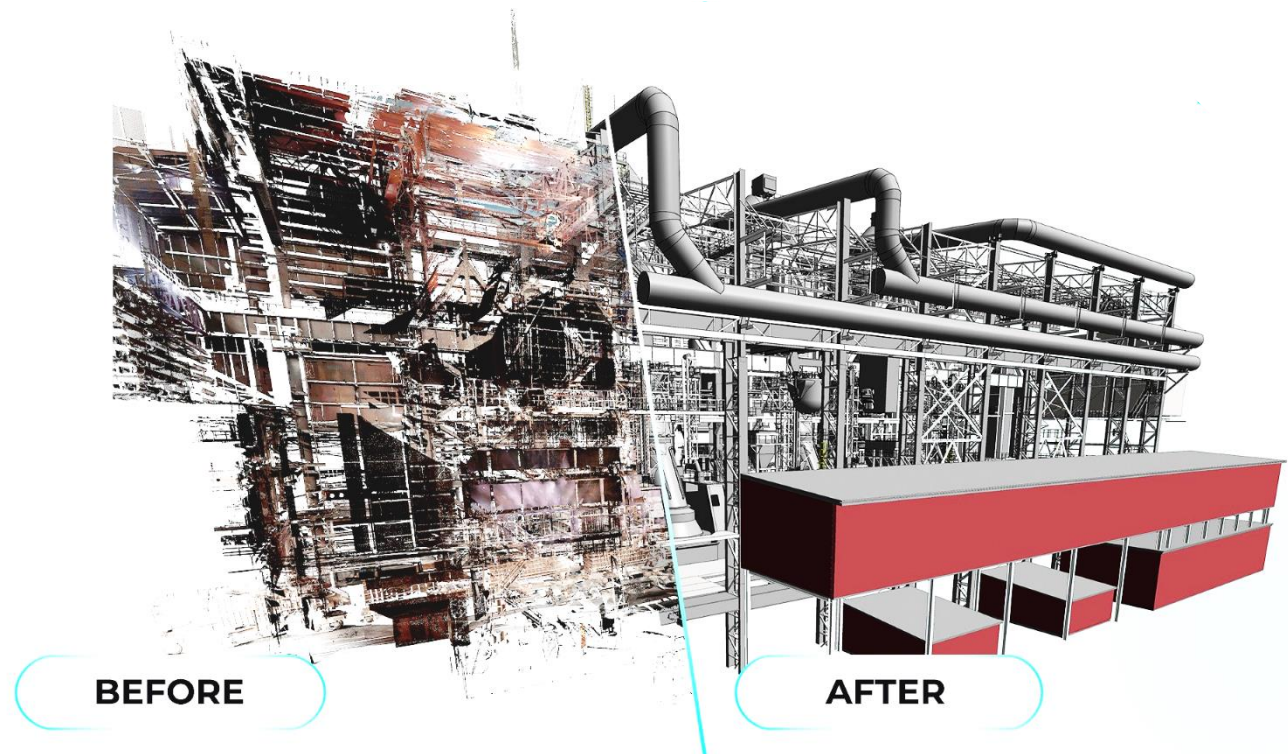
- dokumentacija postojećeg stanja (as-built),
- BIM i FM (Facility Management),
- planiranje rekonstrukcija,
- evakuacioni i sigurnosni planovi,



Tehnike neselektivnog geodetskog snimanja –Scan to BIM

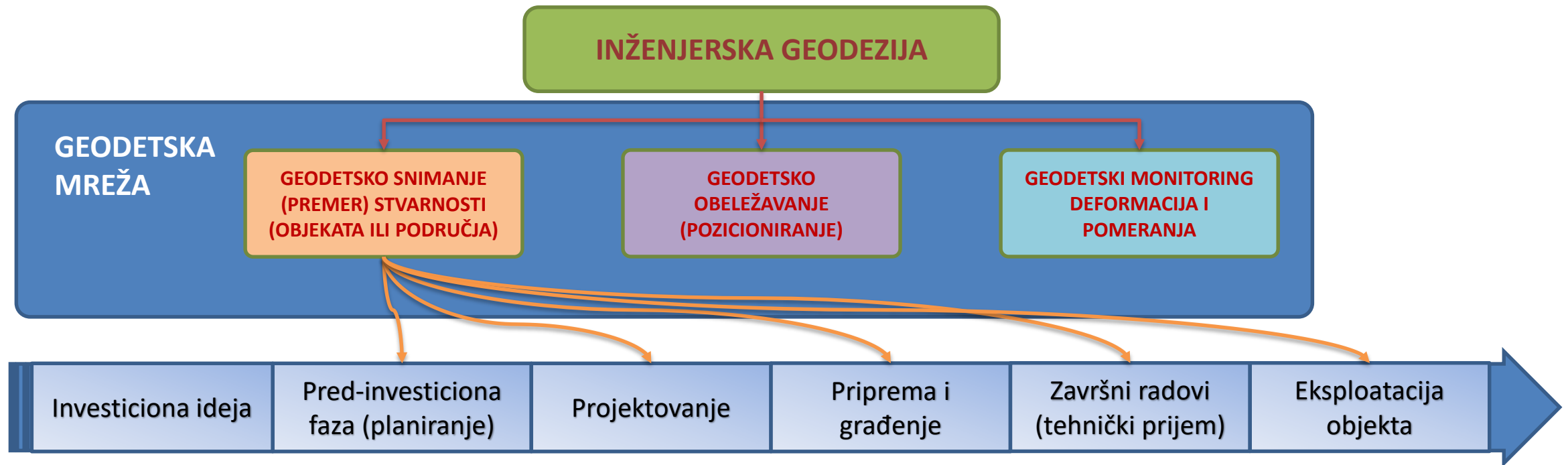
Scan-to-BIM opisuje proces koji obuhvata geodetsko snimanje objekta digitalnim mernim metodama (lasersko skeniranje, fotogrametrija), zatim obradu i kreiranje oblaka tačaka (digitalne kopije stvarnosti), interpretaciju oblaka tačaka i na kraju i kreiranje BIM 3D modela objekta iz oblaka tačaka (www.plan3d-berlin.de)

Scan-to-BIM je proces digitalnog snimanja nekog fizičkog prostora ili naselja pomoću laserskih skenera, pri čemu se prikupljeni podaci koriste za kreiranje, razvoj i održavanje BIM modela (www.navvis.com)



Geodetsko snimanje (detaljni premer) u inženjerskim projektima

Geodetsko snimanje (detaljni premer) prisutno je u svim fazama realizacije nekog inženjerskog projekta. Od faze planiranja i projektovanja kada je zadatak snimiti područje ili objekat od interesa, preko faze izgradnje, kada je potrebno snimiti izvedene radove na različitim fazama, do geodetskog snimanja izvedenog objekta u celini.



Zahtevi geodetskog premera u inženjerstvu

Kao što je slučaj kod svih geodetskih radova u inženjerstvu, geodetsko snimanje se takođe planira i izvodi u skladu sa prethodno definisanim zahtevima. Kod geodetskog snimanja zahtevi se odnose na:

- **Svrhu snimanja** – namena prikupljenih podataka, npr. za projektovanje, kontrolu izvedenih radova, dokumentovanje postojećeg stanja ili održavanje objekta.
- **Prostorni obuhvat** – definisanje područja koje je predmet snimanja
- **Detaljnost i specifični zahtevi** – nivo prostorne razrade podataka, definisan razmerom snimanja i kartografskog prikaza (npr. 1:500, 1:1000, 1:2000), kao i specifičnim zahtevima projekta (npr. GIS baza podataka itd.).
- **Krajnji produkt** – definisanje vrste krajnjeg proizvoda. Na primer, topografski plan, ortofoto plan, digitalni model terena, oblak tačaka, tehnički crteži ili 3D model objekta.
- **Preciznost** – zahtevi u pogledu horizontalne i visinske preciznosti snimljenih podataka, definisani važećim standardima, propisima i namenom krajnjih proizvoda.
- **Način isporuke** (format) – digitalni ili analogni oblik isporuke podataka, kao i formati fajlova (CAD, GIS, BIM, raster), prilagođeni potrebama korisnika.
- **Vreme isporuke** – rokovi za isporuku rezultata snimanja, koji mogu uticati na izbor metodologije, opreme i obima terenskih i kancelarijskih radova.

Svi navedeni zahtevi determinišu izbor geodetske opreme, metodologiju i organizaciju realizacije geodetskog snimanja. Tako na primer, ako će se podaci (rezultati) geodetskog snimanja koristiti za vizuelni pregled objekta, odgovarajuća metodologija može biti fotogrametrijsko snimanje. Za potrebe kontrole geometrije izvedenog objekta najčešće se koristi totalna stanica. Ako je neophodno izraditi detaljan 3D model objekta, terestričko lasersko skeniranje se nameće kao najadekvatnija tehnika.

Zahtevi geodetskog premera u inženjerstvu

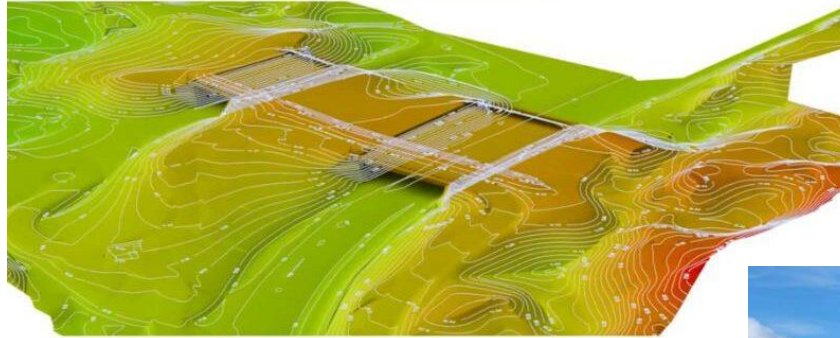
Kao što je slučaj kod svih geodetskih radova u inženjerstvu, **geodetsko snimanje se takođe planira i izvodi u skladu sa prethodno definisanim zahtevima**. Kod geodetskog snimanja zahtevi se odnose na obuhvat, detaljnost, preciznost i svrhu podataka koji se prikupe snimanjem. Svi ti zahtevi determinišu izbor geodetske opreme i metodologije rada. Tako na primer, ako će se podaci (rezultati) geodetskog snimanja koristiti za vizuelni pregled objekta, odgovarajuća metodologija može biti fotogrametrijsko snimanje. Za potrebe kontrole geometrije izvedenog objekta najčešće se koristi totalna stanica. Ako je neophodno izraditi detaljan 3D model objekta, terestričko lasersko skeniranje se nameće kao najadekvatnija tehnika.

U savremenoj inženjerskoj praksi, izbor metodologije geodetskog snimanja sve češće podrazumeva **kombinovanu primenu više tehnika**, kako bi se istovremeno zadovoljili različiti zahtevi projekta. Na primer, fotogrametrija se može koristiti za brz pregled i dokumentovanje šireg prostora, dok se totalna stanica primenjuje za preciznu kontrolu karakterističnih tačaka i elemenata konstrukcije. Terestričko lasersko skeniranje, sa druge strane, omogućava sveobuhvatno snimanje složenih geometrija i generisanje gustih trodimenzionalnih modela, koji mogu poslužiti za analizu, kontrolu i arhiviranje izvedenog stanja.

Važno je naglasiti da **nijedna tehnika geodetskog snimanja nije univerzalno rešenje**. Svaka metoda ima svoje prednosti i ograničenja u pogledu tačnosti, detaljnosti, brzine prikupljanja podataka i složenosti obrade. Zbog toga je uloga geodete da, na osnovu jasno definisanih zahteva projekta, **doneše stručnu odluku o optimalnoj metodologiji snimanja**, uzimajući u obzir i tehničke i ekonomske aspekte.

Vrste geodetskog snimanja (detaljnog premera) u inženjerskim projektima

- Topografsko snimanje područja



- Geodetska snimanja u toku građenja - snimanje izvedenih radova (As-Built surveying)



- Geodetska snimanja postojećih objekata



Topografska snimanja područja

Topografska snimanja

Topografska snimanje područja predstavlja osnov i polaznu tačku za svako planiranje prostora i projektovanje, bilo da se radi o novoj gradnji ili o rekonstrukciji.

Topografska snimanja se najčešće rade u početnim fazama realizacije projekata, tačnije u fazama Planiranja i Projektovanja, kada je potrebno uraditi ažurne podloge za projektovanje (prostorne evidencije područja).

Međutim ne retko zahteva se i topografsko snimanje neposredno pred početak faze Pripreme i građenja, kao i u toku građenja. Razlog tome može biti potreba za ažurnim podlogama (u slučaju da je prošlo dosta vremena od faze projektovanja do faze građenja). Pored toga, u zahtevima za topografskim snimanjem u toku građenja i neposredno pre početka građenja, mogu postojati specifični zahtevi koji su vezani za izgradnju. Na primer, neposredno pre i u toku izgradnje može se zahtevati snimanje svakog pojedinačnog drveta, što nije bio zahtev u toku planiranja i projektovanja.

Najčešći proizvodi topografskih snimanja su:

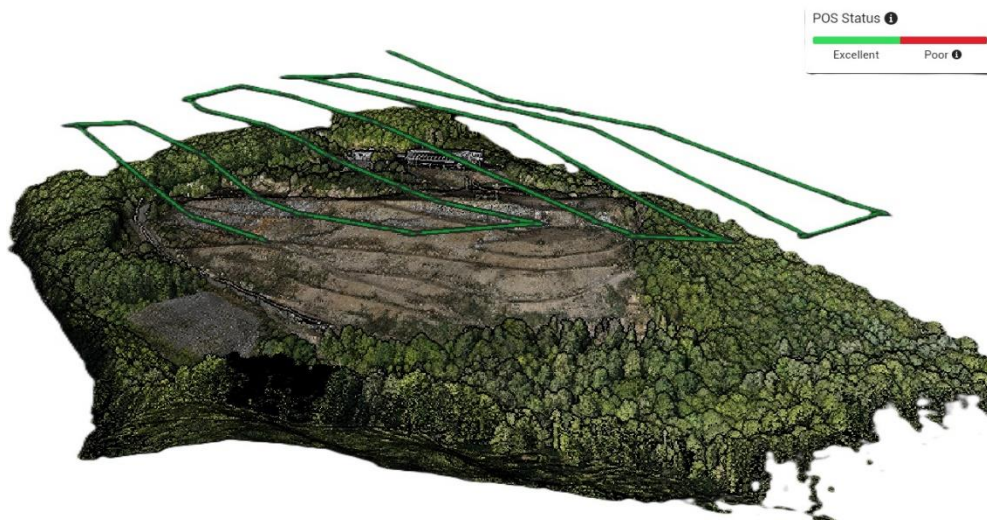
1. Topografski i Katastarsko-topografski planovi
2. Digitalni modeli terena
3. Ortofoto planovi
4. Tehnički crteži (poprečni i podužni profili)

PRIMER TOPOGRAFSKOG SNIMANJA – DEPONIJU DUBOKO KOD UŽICA

Cilj geodetskih radova je da se digitalno dokumentuje trenutna prostorna konfiguracija deponije Duboko u Užicu. To podrazumeva izradu detaljnog Digitalnog Elevacionog Modela (DEM) deponije i izradu preciznog Ortofoto plana deponije. Pored toga, zadatak geodetskih radova je bio i upoređenje podataka aktuelnog stanja deponije sa podacima ranijih merenja. Pre svega, sa podacima izvornog uređenja deponije u cilju utvrđivanja ukupne količine deponovanog materijala kao i efekata obrušavanja nakon požara koji je zahvatio deponiju 2024. godine. U specifikaciji zahteva rečeno je da snimanje mora biti izvedeno LiDAR tehnologijom za potrebe izrade DEM-a, dok je za izradu Ortofoto plana potrebno snimanje bespilotnih letelicom opremljenom adekvatnom fotogrametrijskom kamerom, što podrazumeva visoku rezoluciju krajnjeg proizvoda.

PRIMER TOPOGRAFSKOG SNIMANJA – DEPONIJIA DUBOKO KOD UŽICA

- Visina leta: 73 m
- Trajanje snimanja: 14 min.
- Prosečna brzina leta: 6.7 m/s
- Gustoća oblaka tačaka: 663 tačaka/m²
- Koordinatni sistem: WGS 84 (podaci su naknadno transformisani u Državni koordinatni sistem).
- Status GNSS rešenja: 100% FIX

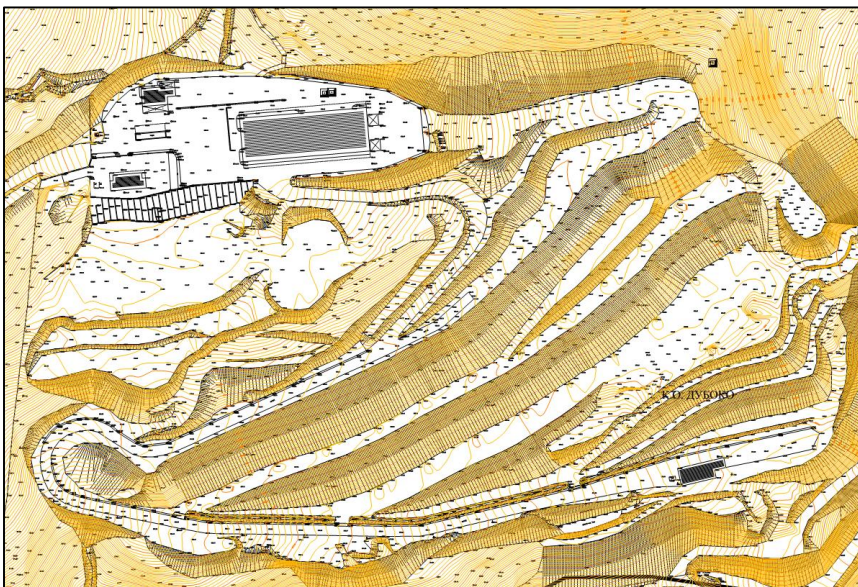


Obrada LiDAR podataka obuhvatila je sledeće korake:

1. Učitavanje podataka i vizualni pregled
 - a. Učitavanje LiDAR i POS (GNSS/IMU) podataka.
 - b. Definisanje parametara obrade
 - c. Pregled statusa GNSS pozicioniranja (100% FIX tokom misije).
2. Generisanje oblaka tačaka
 - a. Spajanje i optimizacija podataka iz svih linija skeniranja.
 - b. Tačkasta gustina: 663 pts/m².
 - c. Kontrola i korekcija orijentacije na osnovu kontrolnih tačaka (GCP)
3. Klasifikacija podataka koji se odnose na različite kategorije (teren-tlo, rastinje, objekti itd.)
4. Dodatna obrada
 - a. Dodatna - poboljšana klasifikacija tačaka,
 - b. Dodatno filtriranje neželjenih refleksija.
5. Izvoz podataka
 - a. Izvoz podataka u odgovarajući format (LAS) za dalju obradu.
 - b. Transformacija u Državni koordinatni sistem.
 - c. Kreiranje finalnog Digitalnog modela terena.

Primeri primene fotogrametrijskog premera u inženjerstvu

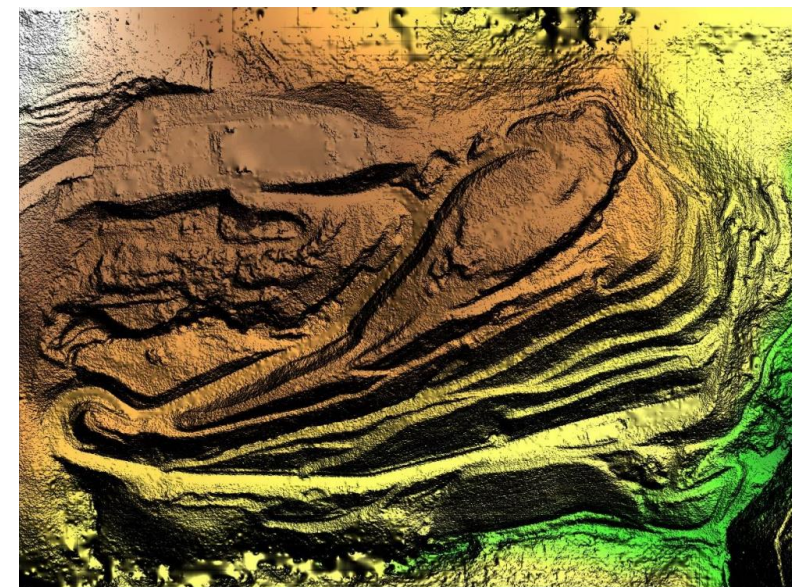
PRIMERI PRODUKATA TOPOGRAFSKOG SNIMANJA – DEPONIJIA DUBOKO KOD UŽICA



Topografski plan



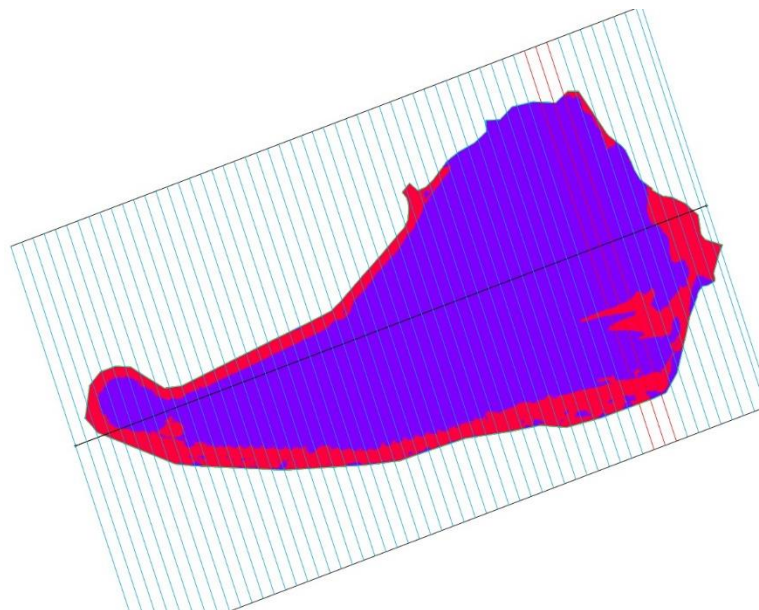
Ortofoto plan



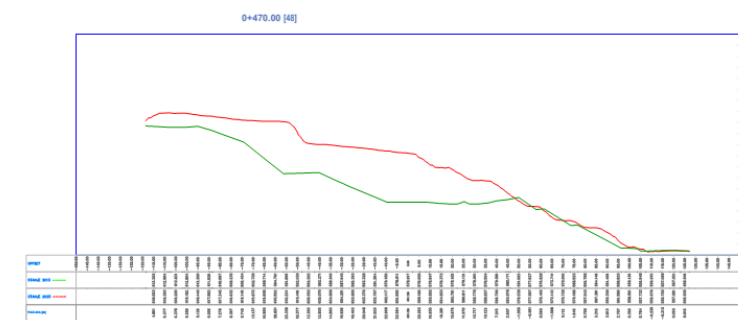
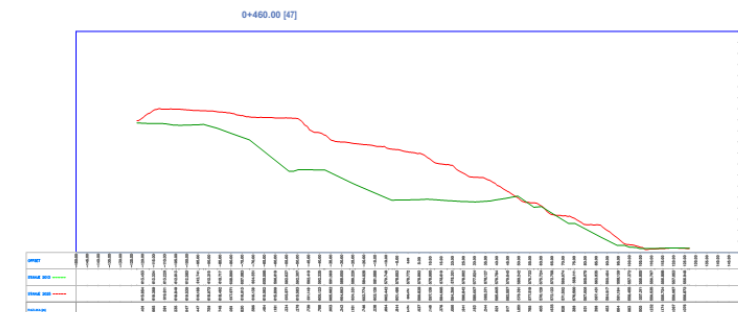
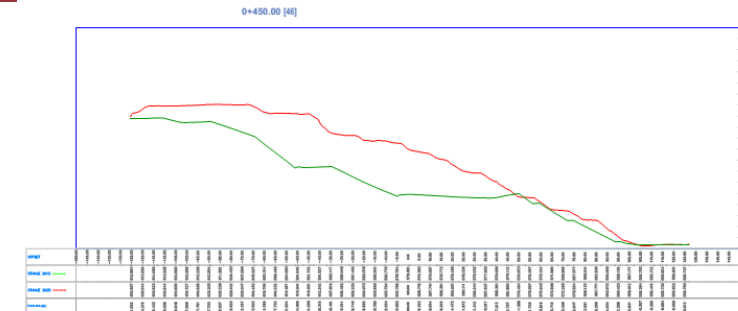
Digitalni model terena

Primeri primene fotogrametrijskog premera u inženjerstvu

SPECIFIČNI ZAHTEVI – IZRADA PROFILA I RAČUNANJE ZAPREMINE



Пројекат	Површина [m ²]	Усек [m ³]	Насип [m ³]	Разлика (Насип-Усек) [m ³]
Депонија Дубоко	79.022,87	16260,88	654.538,88	638.278,08



PRIMER: UAV fotogrametrijski premer

Ukupna površina: 12 ha

Prostorna rezolucija: 2 cm

Visina leta: 50 m

Broj snimaka: 800

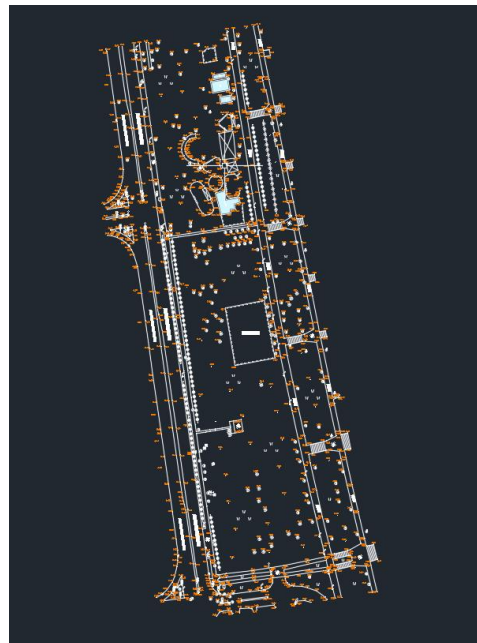
Broj orijentacionih tačaka: 12



Tipovi geodetskog snimanja kod inženjerskih projekata



Oblak tačaka



Topografski plan

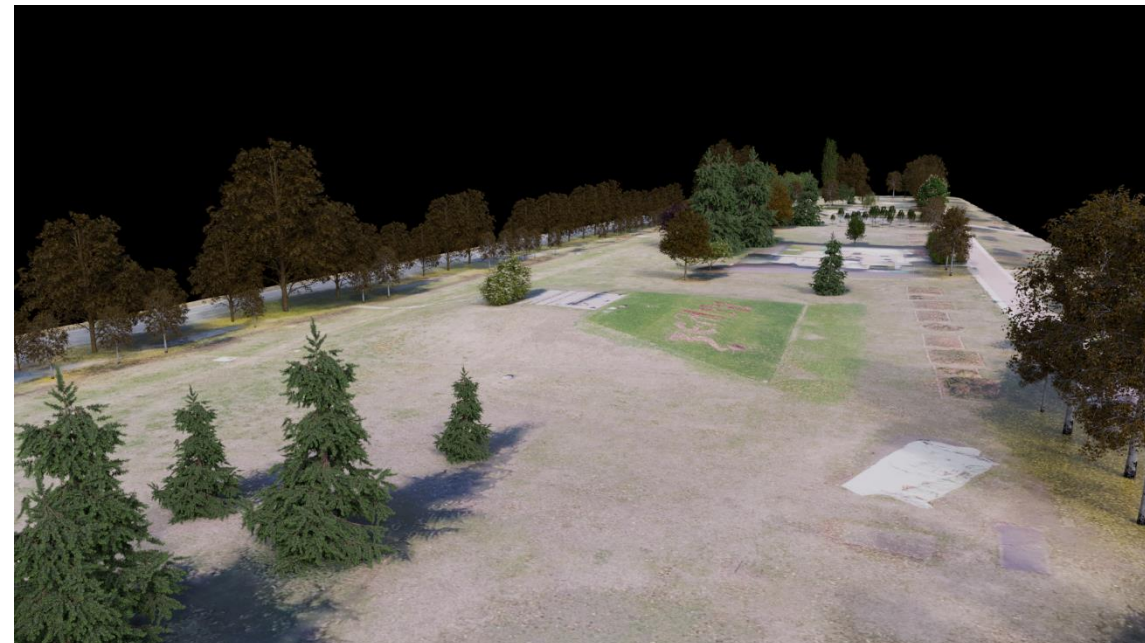


Foto-realističan prikaz

PRIMER: Koridorsko – linijsko snimanje - Železnička pruga



Ukupna dužina: 30 km

Prostorna rezolucija: 2.5 cm

Mreža orijentacionih tačaka: 170



PRIMER: Deo područja Grada Požarevca – specifični zahtevi

Ukupna površina: 68.4 ha
Prostorna rezolucija: 2.7 cm
Visina leta: 65 m
Broj snimaka: 1100
Broj orijentacionih tačaka: 33
Terenski radovi i snimanje: 1 dan
Obrada podataka – 3D oblak tačaka: 2 dana



PRIMER - Deo područja Grada Požarevca – specifični zahtevi



Geoinformacioni sistem zelenila naselja



Geoinformacioni sistem solarnog potencijala naselja

Geodetska snimanja u toku građenja



Geodetska snimanja u toku izgradnje

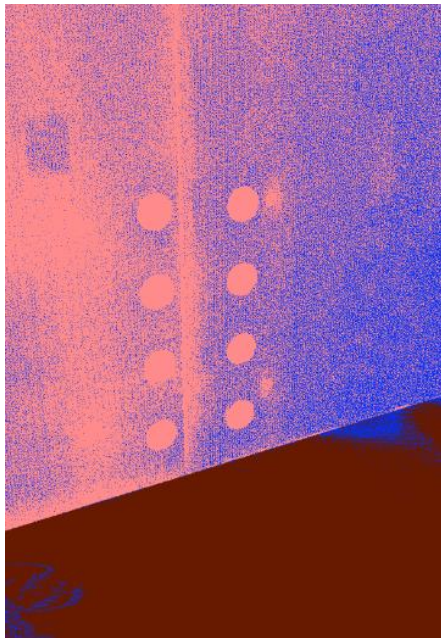
Geodetska snimanja u toku građenja izvode najčešće se izvode sa ciljem:

- 1. Dokumentovanja geometrije izvedenih radova** – *na osnovu podataka snimanja kontroliše se da li su radovi izvedeni u skladu sa projektom i usvojenim standardima. Na primer, da li je iskop izveden do projektovane dubine, da li sloj asfalta ima projektovanu debljinu, da li je raspon između stubova jednak projektovanom. Geodetska snimanja za ove potrebe vrše se nakon realizacije svake pozicije i pod-pozicije radova . Na osnovu podataka geodetskog snimanja računaju se tražene veličine (površine, zapremine, dužine), izrađuju se izveštaji u tabelarnom i grafičkom formatu (izveštaji izvedeno-projektovano). Oni predstavljaju osnov za prihvatanje izvedenih radova od strane stručnog nadzora, a time i za ostvarivanje prava na naplatu. Pored toga, geodetsko dokumentovanje svih izvedenih pozicija sastavni je deo Projekta Izvedenog Objekta (PIO), koji predstavlja arhivski projekat i jedan od osnova za dobijanje upotrebne dozvole.*
- 2. Izrade ažurnog geodetskog plana trenutnog stanja na gradilištu** – *u situacijama kada postoji pretpostavka da je topografija terena izmenjena u odnosu na neko prethodno stanje, zahteva se ponovno snimanje terena i ažuriranje podloga u cilju boljeg planiranja i realizacije radova. Na primer, skladišta materijala se periodično snimaju kako bi se utvrdile zalihe materijala koje su na raspolaganju.*
- 3. Izrade prostorne evidencije specifičnog karaktera** – *ne retko u toku izvođenja radova može se zahtevati snimanja sa ciljem prostornog evidentiranja objekata od interesa. To mogu biti pojedinačna drva, dužina betonskog kanala, određenog materijala itd.*
- 4. Kontrole geometrije** – *snimanja za potrebe kontrole geometrije obično se vrše pre izvođenja naredne faze radova, kako bi se stekao uvid da izvedeni radovi ispunjavaju geometrijske uslove za nastavak radova. Na primer, predmet snimanja mogu biti pozicije ankera, na koje treba da se montira novi element konstrukcije. Snimanja za ove potrebe izvode se uz poštovanje zahteva tačnosti, koji proizilaze iz dozvoljenih odstupanja izgradnje (montaže).*

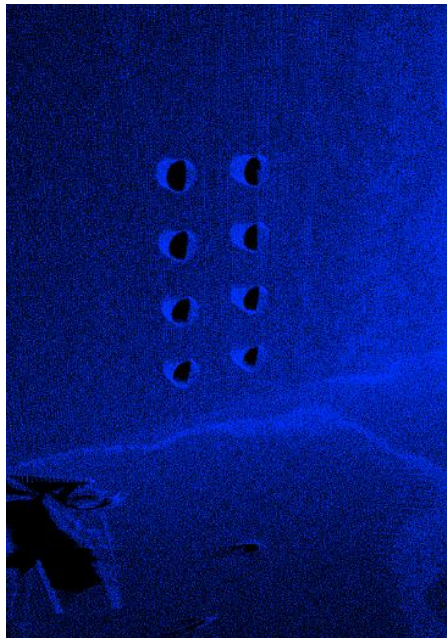
Geodetska snimanja u toku izgradnje

Primer – Upoređenje projektovanog modela objekta i rezultata snimanja izvedenog stanja primenom terestričkog laserskog skeniranja

Otvori u zidovima koji projektom nisu predviđeni

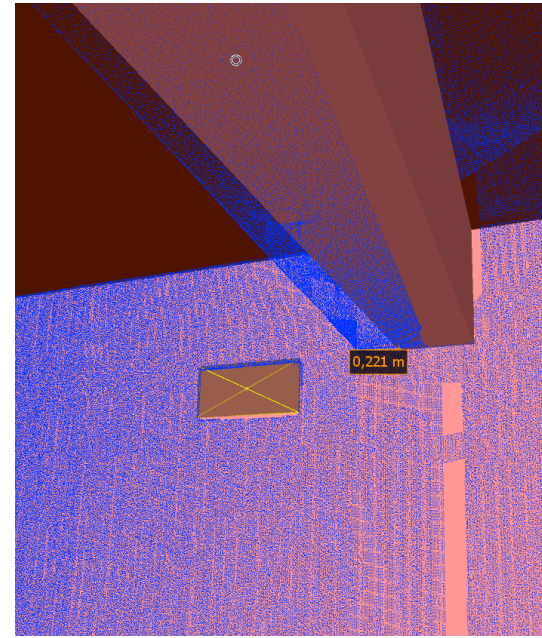


Oblak tačaka vs 3D model

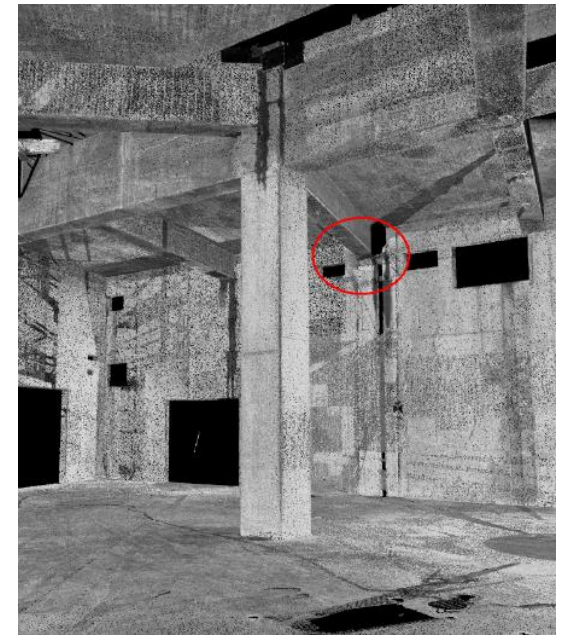


Oblak tačaka

Pozicija izvedene grede odstupa 22 cm od pozicije predviđene projektom



Oblak tačaka vs 3D model



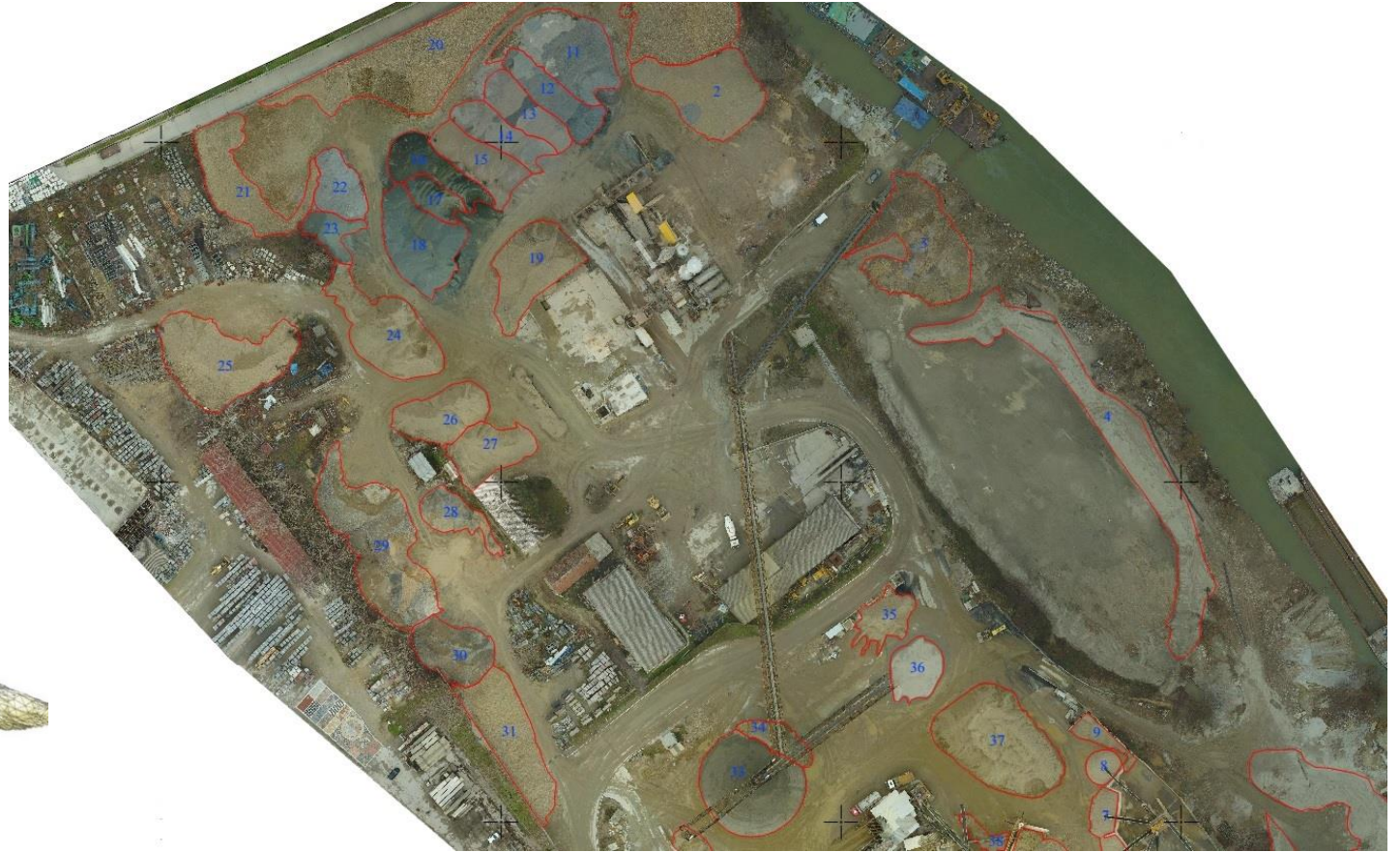
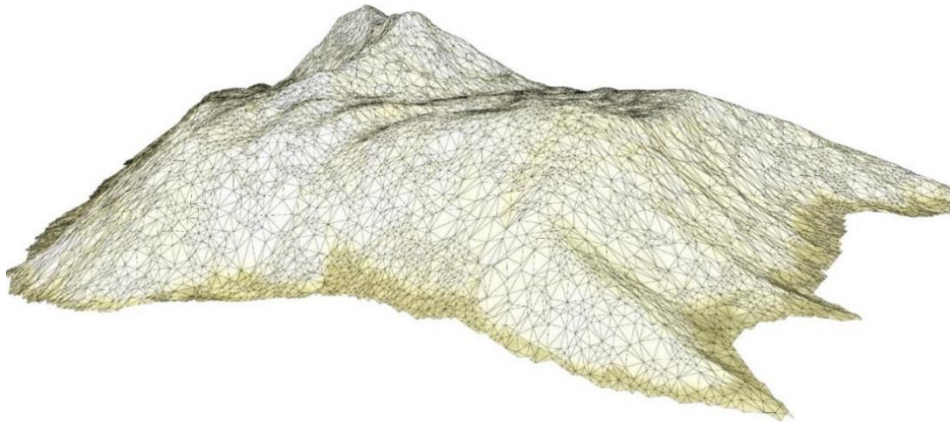
Oblak tačaka

Geodetska snimanja u toku izgradnje

Geodetska snimanja u toku izgradnje imaju sledeću svrhu:

1. **Dokumentovanje geometrije izvedenih radova** – *na osnovu podataka snimanja kontroliše se da li su radovi izvedeni u skladu sa projektom. Na primer, da li je iskop izveden do projektovane dubine, da li sloj asfalta ima projektovanu debljinu, da li je raspon između stubova jednak projektovanom. Geodetska snimanja za ove potrebe vrše se nakon realizacije svake pozicije i pod-pozicije radova . Na osnovu podataka geodetskog snimanja računaju se tražene veličine (površine, zapremine, dužine), izrađuju se izveštaji u tabelarnom i grafičkom formatu (izveštaji izvedeno-projektovano). Oni predstavljaju osnov za prihvatanje izvedenih radova od strane stručnog nadzora, a time i za ostvarivanje prava na naplatu.*
2. **Izrade ažurnog geodetskog plana trenutnog stanja na gradilištu** – *u situacijama kada postoji pretpostavka da je topografija terena izmenjena u odnosu na neko prethodno stanje, zahteva se ponovno snimanje terena i ažuriranje podloga u cilju boljeg planiranja i realizacije radova. Na primer, skladišta materijala se periodično snimaju kako bi se utvrdile zalihe materijala koje su na raspolaganju.*
3. **Izrade prostorne evidencije specifičnog karaktera** – *ne retko u toku izvođenja radova može se zahtevati snimanja sa ciljem prostornog evidentiranja objekata od interesa. To mogu biti pojedinačna drva, dužina betonskog kanala, određenog materijala itd.*
4. **Kontrole geometrije** – *snimanja za potrebe kontrole geometrije obično se vrše pre izvođenja naredne faze radova, kako bi se stekao uvid da izvedeni radovi ispunjavaju geometrijske uslove za nastavak radova. Na primer, predmet snimanja mogu biti pozicije ankera, na koje treba da se montira novi element konstrukcije. Snimanja za ove potrebe izvode se uz poštovanje zahteva tačnosti, koji proizilaze iz dozvoljenih odstupanja izgradnje (montaže).*

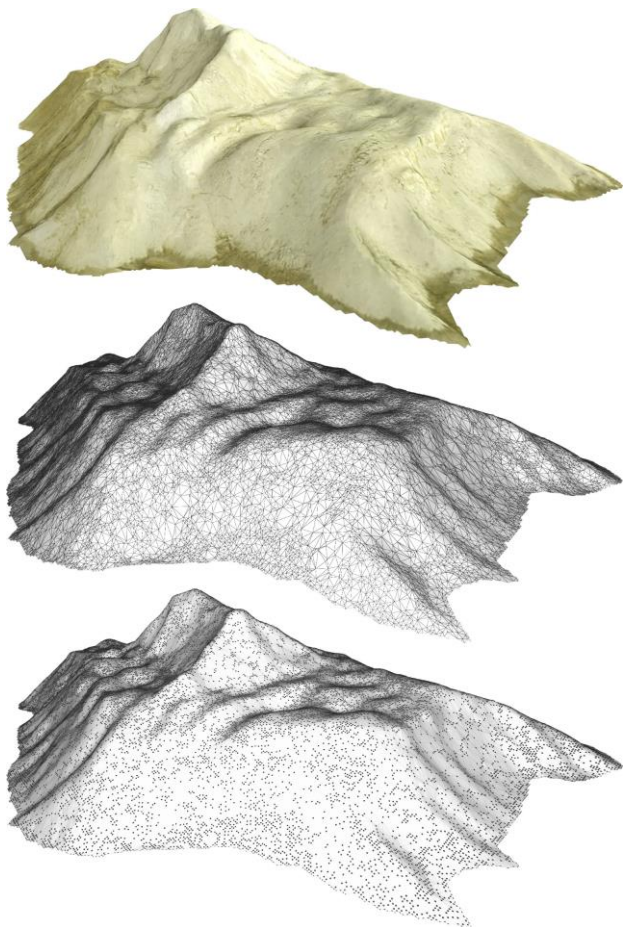
Primer – snimanje deponije materijala za potrebe evidencije raspoloživih količina



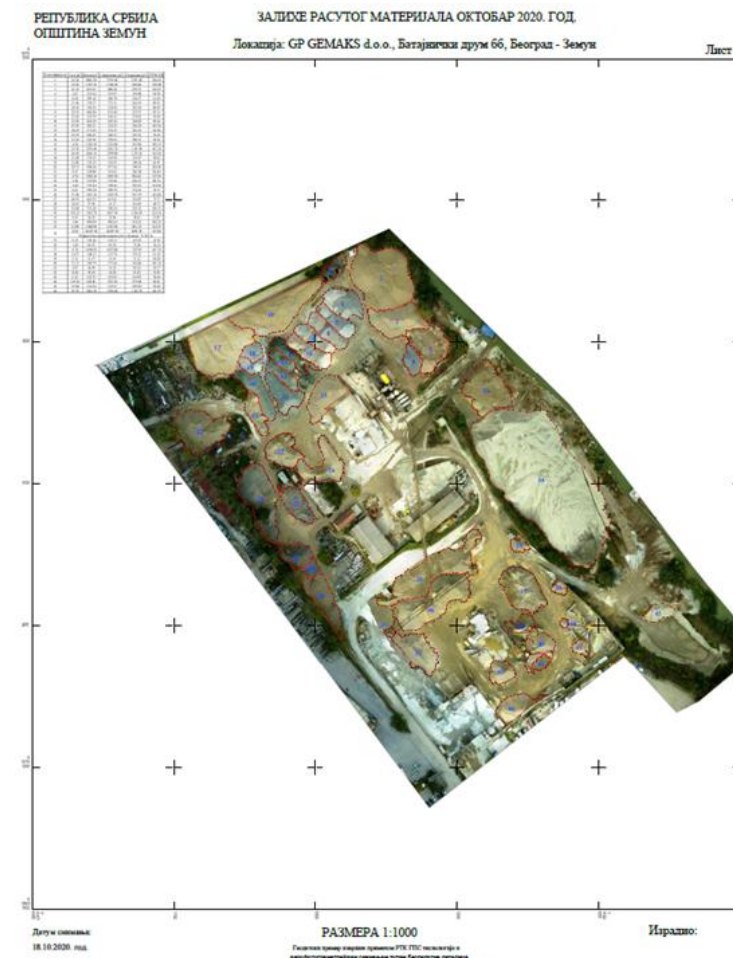
Evidentiranje

Primeri primene fotogrametrijskog premera u inženjerstvu

PRIMERI PRIMENE FOTOGRAMETRIJSKOG PREMERA U INŽENJERSTVU



Parametar	Vrednost
Obim	100.03 m
Površina	800.84 m ²
Usek	1.17 m ³
Nasip	2001.17 m ³
Ukupno	2000.00 m ³
Broj tačaka	200 000



Geodetska snimanja postojećih objekata

Geodetsko snimanje postojećih objekata

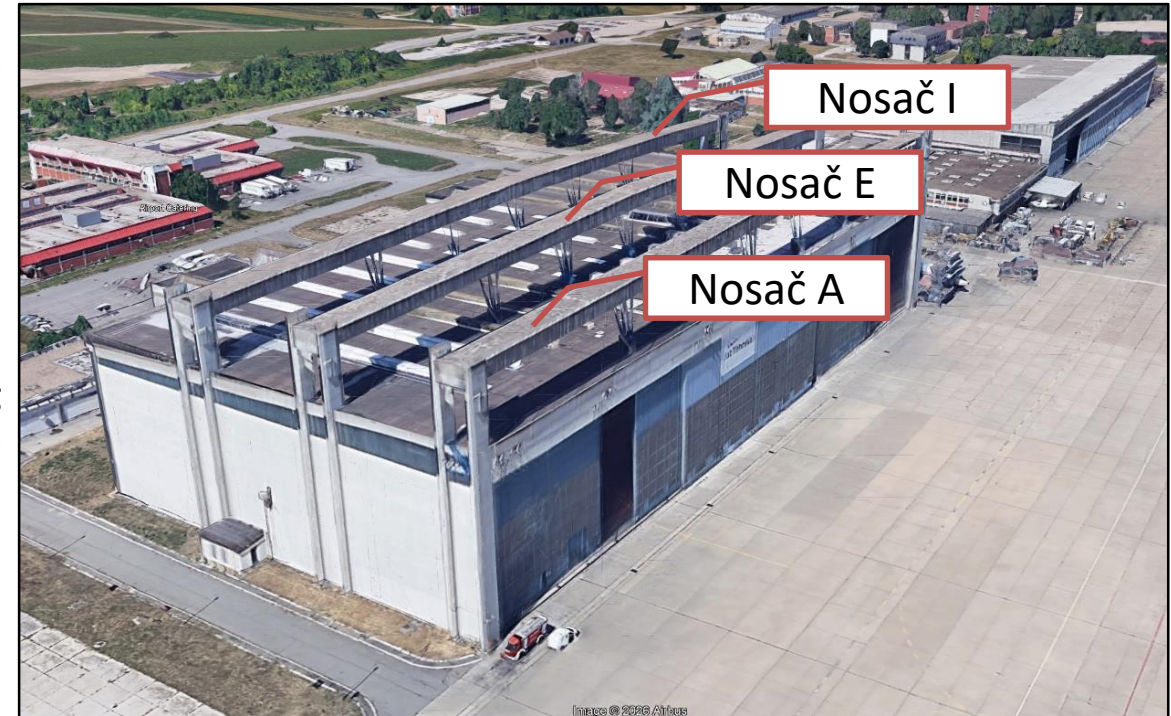
Geodetska snimanja postojećih objekata vrše se u cilju dokumentovanja geometrije objekta, najčešće za potrebe rekonstrukcije, stručnog pregleda objekta ili potreba održavanja objekta. Shodno tome, zahtevi naručioca snimanja mogu varirati u skladu sa tim potrebama. Tako na primer, predmet snimanja može biti fasada objekta, krov, ili kompletna unutrašnjost i spoljašnjost objekta.

Shodno zahtevima u pogledu obima, detaljnosti, preciznosti i krajnjeg proizvoda vrši se izbor odgovarajuće metodologije. Na primer, u slučajevima projekta rekonstrukcije objekata zahtevani krajnji proizvodi mogu biti tehnički crteži koji prikazuju trenutnu geometriju objekta. To su najčešće horizontalni i vertikalni preseki objekta. Pogodna tehnika za prikupljanje podataka za te potrebe je terestričko lasersko skeniranje. Ukoliko se radi o projektu glavnog pregleda objekta, zahtevi naručioca mogu biti tehnički crteži koji prikazuju geometriju karakterističnih konstruktivnih elemenata. A ukoliko je akcenat na vizuelnoj inspekciji objekta, pogodan konačan proizvod može biti ortofoto plan površina objekta (fasada, krova itd.). Za te potrebe logično se nameće blisko-predmetna fotogrametrija kao odgovarajuća tehnika geodetskog snimanja. Na kraju, ukoliko se radi o projektu dugoročnog održavanja objekta ili projekta rekonstrukcije, zahtev naručioca može biti i izrada sveobuhvatnog 3D modela objekta različite detaljnosti. U tom slučaju, u zavisnosti od zahteva, kao odgovarajuće tehnike prikupljanja podataka nameće kombinacija terestričkog laserskog skeniranja i skeniranja iz vazduha korišćenjem bespilotnih letelica.

PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla

U sklopu radova u okviru Glavnog pregleda konstrukcije objekta “Hangar 2” na aerodromu Nikola Tesla u Surčinu (Beograd), sprovedene su sledeće geodetske aktivnosti:

1. Geodetsko snimanje šina pokretnih vrata “Hangara 2”;
2. Geodetsko snimanje krovne ploče objekta;
3. Geodetsko snimanje gornje površi glavnih krovnih nosača A, E i I;
4. Bliskopredmetno fotogrametrijsko snimanje objekta, u cilju vizuelnog pregleda nepristupačnih delova objekta i kreiranja digitalne i urazmerene fotodokumentacije u vidu ortofoto planova visoke rezolucije, za:
 - a. Zapadna bočna fasada sa stubovima glavnih krovnih nosača A, E i I;
 - b. Istočna bočna fasada sa stubovima glavnih krovnih nosača A, E i I;
 - c. Gornja površ krova sa gornjom površi glavnih krovnih nosača A, E i I.

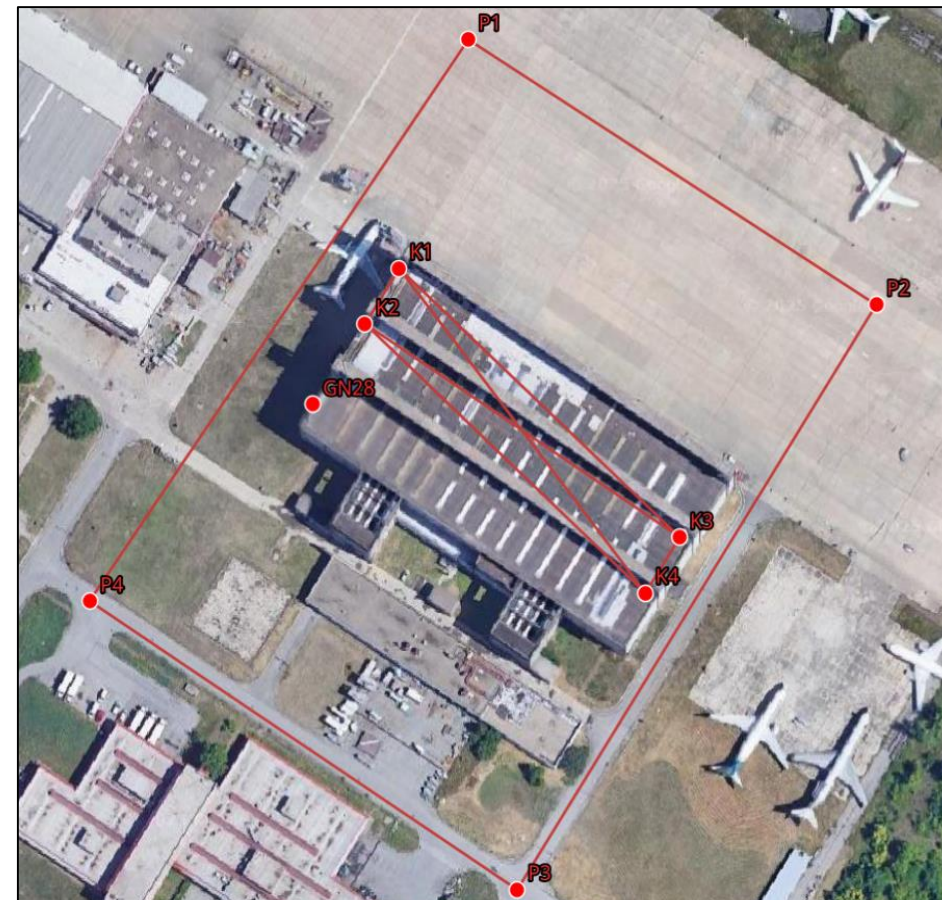


PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta

Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla

Koordinatni sistem – Geodetska mreža

Na početku radova, realizovana je geodetska mreža koja je materijalizovala usvojeni koordinatni sistem na terenu. Geodetska mreža se sastoji od četiri tačke koje su raspoređene oko objekta i stabilizovane su bolcnama u betonu i asfaltu. U horizontalnom smislu, mreža je realizovana u lokalnoj realizaciji Državnog koordinatnog sistema. U mreži su izvršena merenja totalnom stanicom Leica TS15, deklarisanom preciznošću merenja pravaca od $1''$ i merenja dužina $1\text{ mm} + 1.5\text{ ppm}$. Merenja u mreži su potom izravnata po metodi posrednog izravnjanja i dobijene su horizontalne koordinate tačaka mreže. U visinskom smislu, datum mreže je definisan visinom repera GN28 = 95.0714m. Merenja u mreži su urađena po principu zatvorenog nivelmanskog poligona i izravnata takođe po metodi posrednog izravnjanja. Ocena tačnosti koordinata u horizontalnom smislu nije bila veća od 2mm, dok je visinskom smislu maksimalna standarda devijacija ocenjenih visina tačaka mreže bila 0.5mm. Nakon toga, na krovu objekta postavljene su četiri reflektujuće markice na stubovima objekta (K1, K2, K3 i K4). Koordinate markica određene su sa stanice na krovu, čiji je položaj određen slobodnim pozicioniranjem (free-station) merenjem ka tačkama mreže. Merenja ka tačkama mreže i markicama su vršena u dva girusa. Nakon određivanja koordinata tačaka markica izvršena je kontrola koja je obuhvatila obrnuti postupak. Sa nove stanice, koja je pozicionirana slobodno, merenjima ka markicama, određivane su koordinate tačaka mreže (P1 i P2). Dobijene su razlike $<3\text{mm}$ u horizontalnom smislu i $<4\text{mm}$ u visinskom smislu, što spada u domen greške merenja prenošenja visine na krov objekta.



PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta

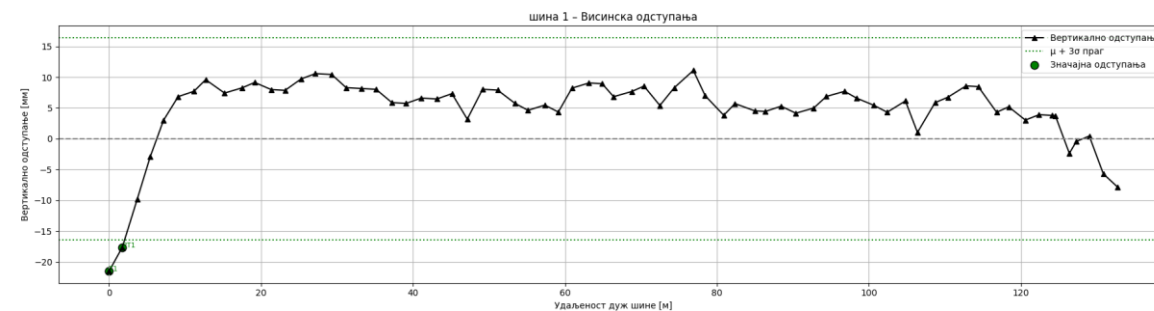
Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla

Geodetsko snimanje šina pokretnih vrata

Objekat „Hangar 2“ poseduje masivna pokretna vrata koja se kreću duž 3 šine postavljenih u nivou terena. Šine su paralelne i protežu se duž celog hangara. Predmet ovog ispitivanja predstavlja analiza pravosti i horizontalnosti svake od tri šine. Merenja su izvršena polarnom metodom, u koordinatnom sistemu geodetske mreže. Merenje je vršeno istom totalnom stanicom Leica TS15 i odgovarajućom reflektujućom mini-prizmom sa visinom signala 0.1 m. Merenja su vršena polarnom metodom sa tri stanice, čiji je položaj u trodimenzionalnom sistemu određen slobodnim pozicioniranjem (free-station) merenjem ka tačkama mreže. Preciznost pozicioniranja instrumenta nije bila lošija od 1mm u horizontalnom i visinskom smislu. Prikupljeni su podaci - koordinate tačaka (Y, X, H) duž središnjih osa šina. Merenja su obavljena po dužini svake šine, na profilima. od 3 metra. Šine su označene kao: Šina 1 - spoljašnja šina, odnosno šina najbliža pisti, Šina 2 - šina u sredini i Šina 3 - šina najbliža unutrašnjosti objekta



Kontrola pravosti Šine 1



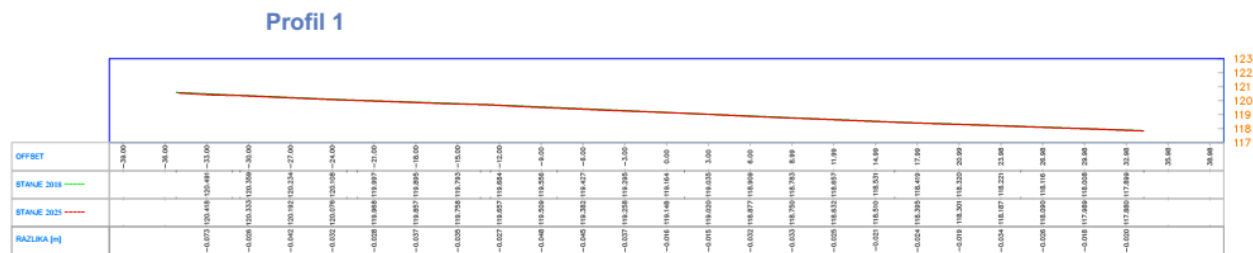
Kontrola ravnosti Šine 1

PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta

Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla

Geodetsko snimanje krovne ploče

Geodetsko snimanje krovne ploče imalo je za cilj kontrolu ravnosti i kontrolu pada krovne ploče. U cilju upoređenje sa prethodnim rezultatima snimanja, usvojena je identična tehnika snimanja (polarna metoda korišćenjem totalne stanice). Iz istog razloga obima snimanja je obuhvatio 15 karakterističnih profila krova. Analiza rezultata snimanja krovne ploče obuhvatila je prvo modeliranje površi krovne ploče na osnovu rezultata snimanja iz obe epohe (2018. i 2025. godine). Modeliranje površi je izvršeno na osnovu podataka merenja, odnosno koordinata tačaka iz obe serije merenja. Obe površi su modelirane na identičan način, linearnom TIN interpolacijom. Nakon modeliranja površi definisani su pravci glavnih krovnih greda. U tim pravcima kreirani su profili površi krova u obe serije merenja. Tokom analize rezultata merenja izvršeno je poređenje nagiba 15 poprečnih profila dobijenih modelovanjem krovne površi, na osnovu podataka iz dve kampanje – iz 2018. i 2025. godine.



Profil	2018	2025
1.	3.89%	3.85%
2.	3.84%	3.83%
3.	3.83%	3.79%
4.	3.77%	3.71%
5.	3.74%	3.72%
6.	3.74%	3.73%
7.	3.77%	3.78%
8.	3.80%	3.79%
9.	3.81%	3.78%
10.	3.82%	3.82%
11.	3.80%	3.84%

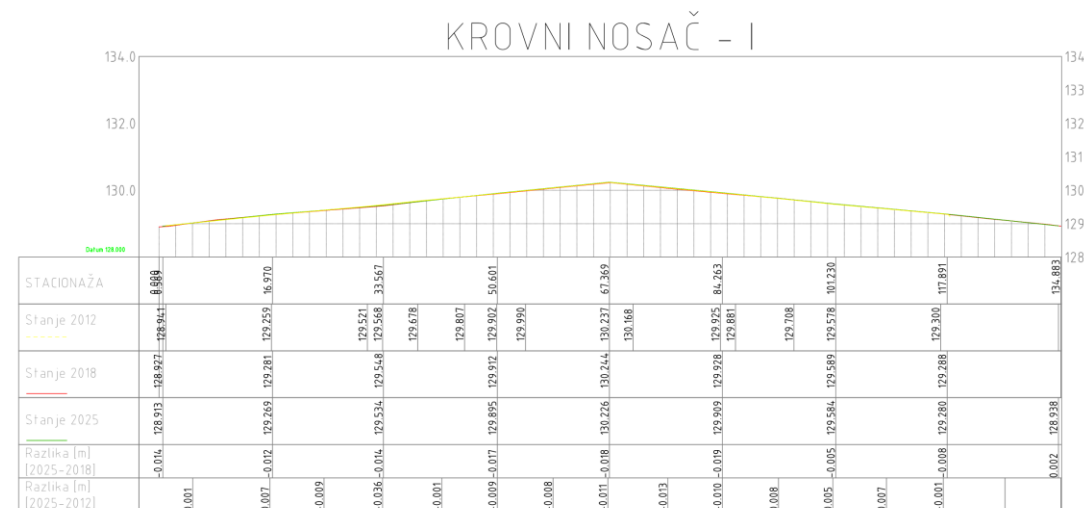
PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta

Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla

Geodetsko snimanje krovnih nosača

Geodetska merenja glavnih krovnih nosača (A, E i I) vršeno je istom totalnom stanicom Leica TS15 i odgovarajućom reflektujućom prizmom na štapu (Leica GPR1). Merenja su vršena sa stanice, čiji je položaj u trodimenzionalnom sistemu određen slobodnim pozicioniranjem (free-station) merenjem ka tačkama mreže koje se nalaze na krovu (reflektujuće markice). Preciznost pozicioniranja instrumenta nije bila lošija od 2mm u horizontalnom i visinskom smislu. Merenja su vršena ka tri tačke (leva ivica, sredina i desna ivica) u svakom profilu. Rastojanje između profila je ~7m (u zonama gde postoje veze utega i nosača). Analiza rezultata merenja obuhvatila je modeliranje snimljene gornje površi krovnih nosača i poređenje sa rezultatima dobijenim 2018 i 2012. godine. Površni nosača su modelirane linearnom TIN interpolacijom za sve tri serije, iz podataka koordinata tačaka. Analiza rezultata merenja obuhvatila upoređenje rezultata u apsolutnom i relativnom smislu. Upoređenje rezultata u apsolutnom smislu obuhvatila je poređenje visina dobijenih iz modelovane gornje površi krovnih nosača za seriju 2025, sa visinama tačaka snimljenih 2012 i 2018. godine.

Главни носач	2018.	2025.
A	1.88% ; 1.79%	1.90% ; 1.80%
E	1.98% ; 1.94%	1.99% ; 1.96%
I	1.97% ; 1.95%	1.97% ; 1.97 %

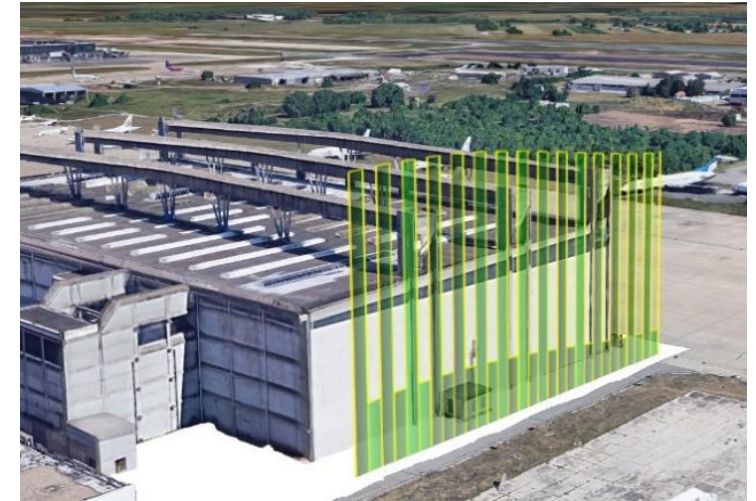
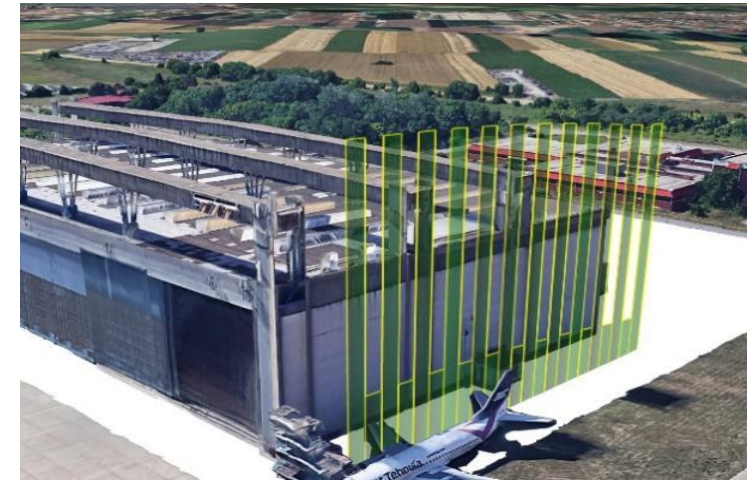
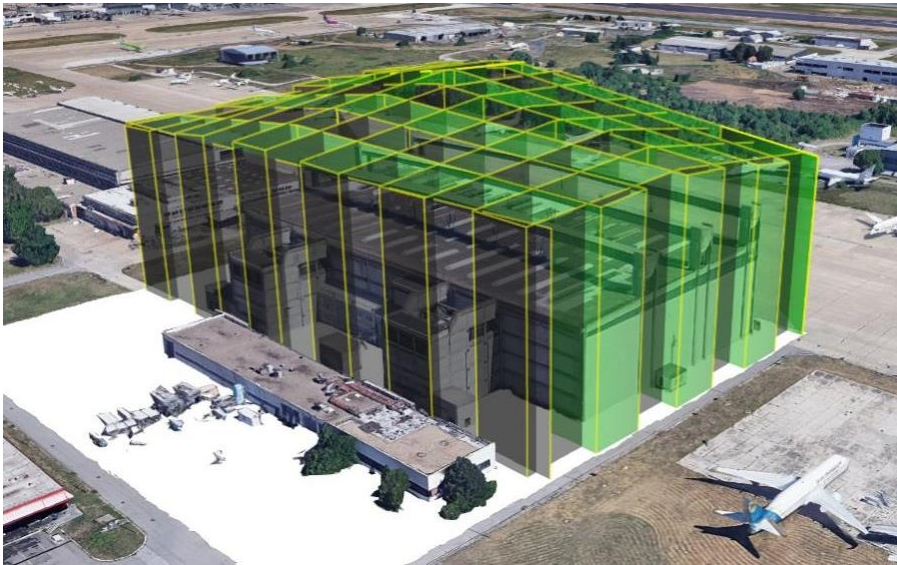


PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta

Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla

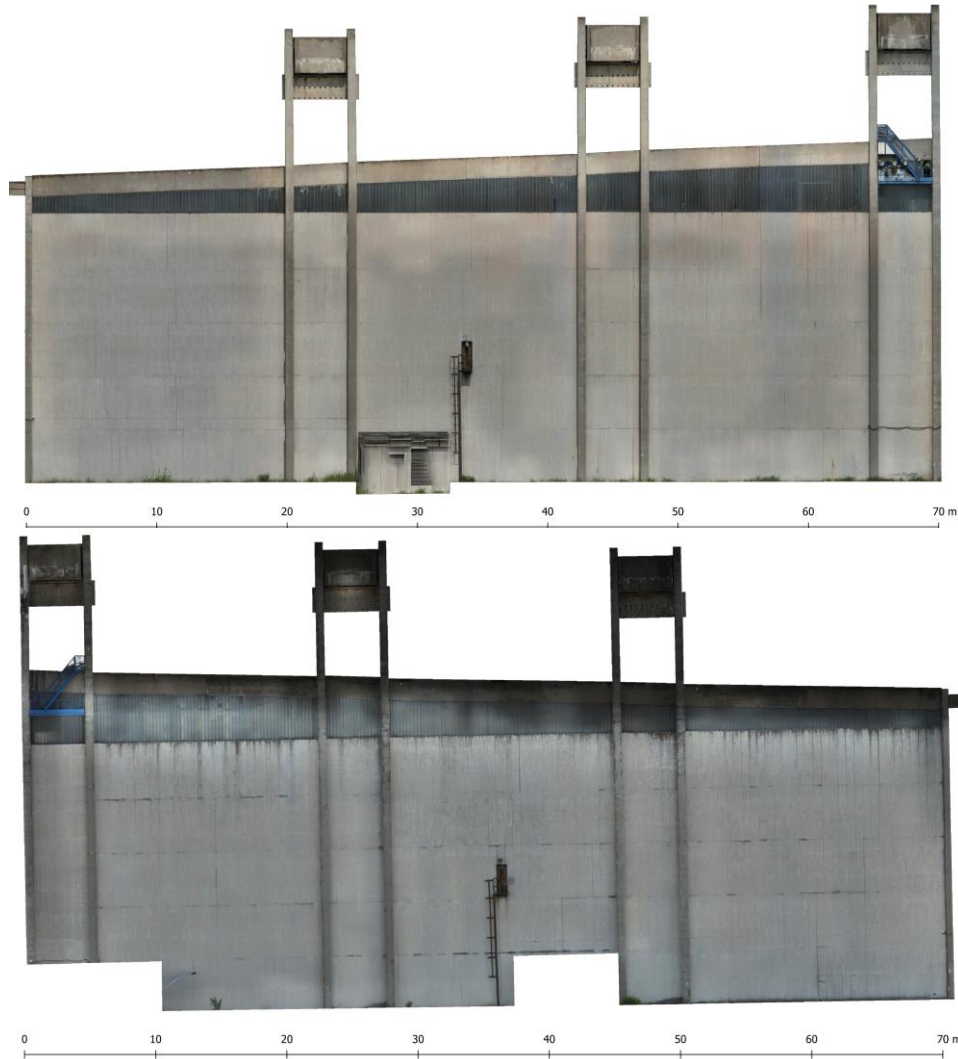
Fotogrametrijsko snimanje fasada i krova za potrebe vizuelne inspekcije

U okviru geodetskog osmatranja objekta Hangara 2 na Aerodromu „Nikola Tesla“ u Beogradu, sprovedena su fotogrametrijska merenja sa ciljem izrade ortofoto planova objekta, odnosno zapadne i istočne fasade sa stubovima i oslonačkom gredom, i krova sa krovnim nosačima. Cilj izrade ortofoto planova je trajna urazmerena fotodokumentacija objekta. U tu svrhu, sprovedene su tri merne kampanje. Dve su bile namenjene snimanju fasada i podrazumevale su izradu vertikalnog plana leta, dok je merna kampanja za snimanje krova bila standardna kampanja horizontalnog leta sa unakrsnim pravcima.

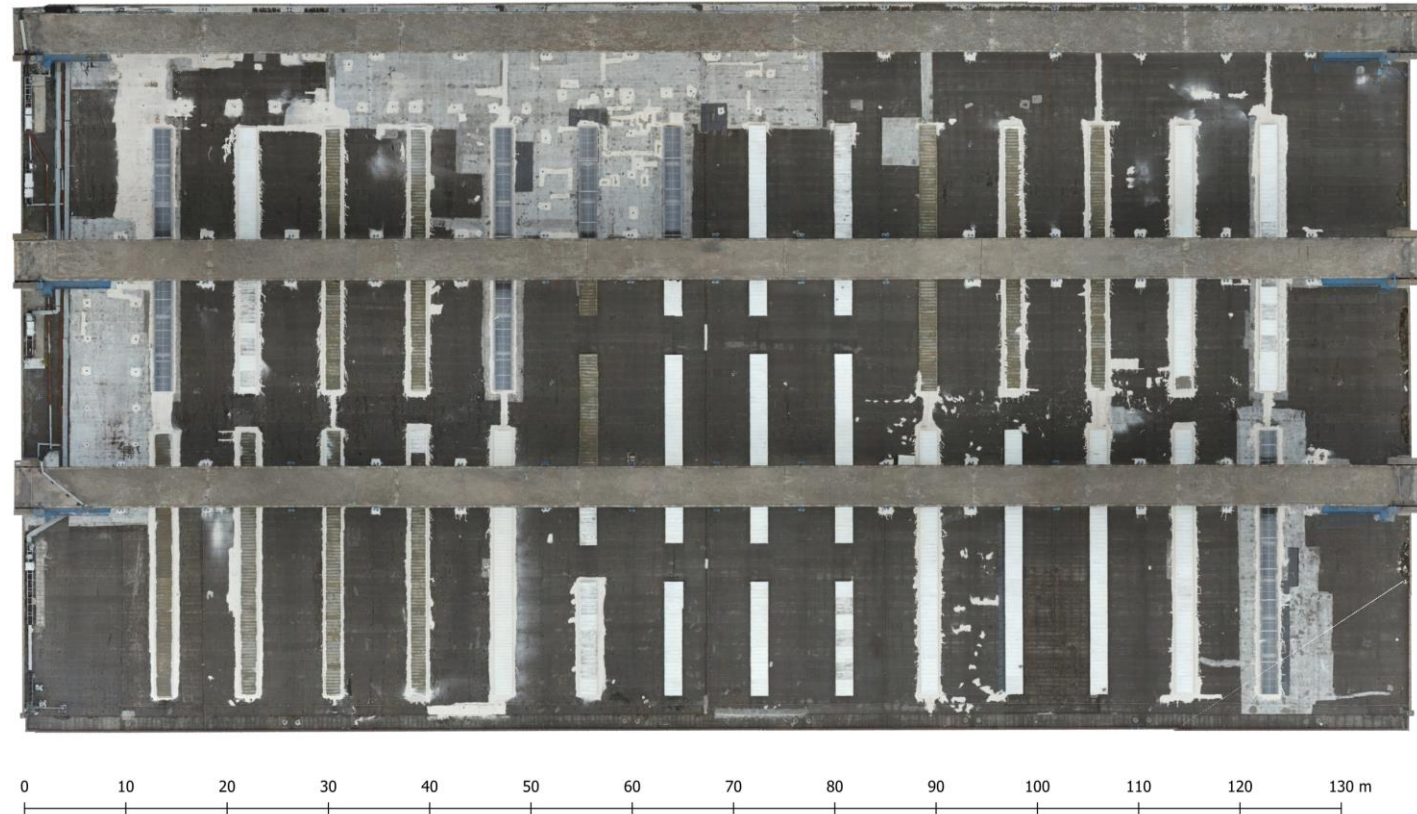


PRIMER – Geodetsko snimanje za potrebe glavnog pregleda konstrukcije objekta

Hangar 2 na Aerodromu Nikola Tesla



Fotogrametrijsko snimanje fasada i krova – ortofoto planovi



Hvala na pažnji!