

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Bedek, T., 2016. Geodetska dela pri izgradnji nadvoza Lipovci. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B.): 35 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5783/>

Datum arhiviranja: 5-10-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Bedek, T., 2016. Geodetska dela pri izgradnji nadvoza Lipovci. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B.): 35 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5783/>

Archiving Date: 5-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER GEODEZIJA**

Kandidat:

TOMAŽ BEDEK

**GEODETSKA DELA PRI IZGRADNJI NADVOZA
LIPOVCI**

Diplomska naloga št.: 993/G

**GEODETIC WORKS ON THE CONSTRUCTION OF
OVERPASS LIPOVCI**

Graduation thesis No.: 993/G

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Ljubljana, 12. 09. 2016

ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent Tomaž Bedek, vpisna številka 26201180, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Geodetska dela pri izgradnji nadvoza Lipovci

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: Murski Soboti

Datum: 15.8.2016

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.528:624.01/.07(497.4)(043.2)
Avtor:	Tomaž Bedek
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Naslov:	Geodetska dela pri izgradnji nadvoza Lipovci
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	35 str., 9 preg., 26 sl., 2 graf., 20 en.
Ključne besede:	geodetska mreža, geodetski načrt, zakoličevanje, nadvoz, analiza natančnosti

Izvleček

V diplomski nalogi sem predstavil geodetska dela pri izgradnji nadvoza Lipovci. Obravnavana so geodetska dela pred gradnjo, v času gradnje in po izgradnji objekta. Prikazana je vzpostavitev geodetske mreže in izdelava geodetskega načrta. Podrobno so opisani postopki in metode zakoličevanja. Navedena je tudi natančnost metode zakoličevanja. V naslednjem poglavju je opisan postopek zakoličbe na nadvozu in uporabljen instrumentarij. Opisan je konkreten primer zakoličenja prekladne konstrukcije. Na koncu je prikazana analiza natančnosti zakoličevanja točk.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALIST INFORMATION

UDC:	528.528:624.01/.07(497.4)(043.2)
Author:	Tomaž Bedek
Supervisor:	Assist. Prof. Božo Koler, Ph.D
Title:	Geodetic works on the construction of overpass Lipovci
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	35 p., 9 tab., 26 fig., 2 graf., 20 eq.
Keywords:	surveying network, geodetic plan, stakeout, overpass, analysis accuracy

Abstract

The thesis describes the geodetic works on the construction of overpass Lipovci. It describes geodetic work before construction, during construction and after the construction. The establishment of surveying network is explained and making of the geodetic plan. It also contains a full description of the stakeout procedures and methods. Specify the accuracy of stakeout method. This is followed by stakeout procedures on overpass and used instrumentation. It is described concrete example of stakeout on deck construction. The analysis accuracy of stakeout it's described at the end.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge bi se rad zahvalil mentorju, doc. dr. Božo Kolerju.

Zahvala gre tudi moji družini, ki me je podpirala in spodbujala v času študija.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 FAZE GEODETSKIH DEL PRI GRADNJI OBJEKTOV	2
3 IZDELAVA GEODETSKEGA NAČRTA	3
4 GEODETSKA DELA MED IZGRADNJO OBJEKTA	5
4.1 Postopki zakoličevanja točk.....	5
4.2 Vzpostavitev geodetske mreže.....	6
4.3 Metode zakoličevanja	7
4.4 Polarna metoda	8
4.5 Ocena natančnosti zakoličevanja	9
4.5.1 Ocena natančnosti merskega postopka	10
4.5.2 Ocena natančnosti položaja točk.....	11
5 ZAKOLIČBA NADVOZA LIPOVCI	12
5.1 Instrumentarij.....	12
5.2 Podatki o objektu	15
5.3 Temelji.....	17
5.4 Zakoličenje prekladne konstrukcije	20
6 ANALIZA NATANČNOSTI ZAKOLIČEVANJA TOČK	29
7 ZAKLJUČEK	34
VIRI	35

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki instrumenta Leica TS15	13
Preglednica 2: Tehnični podatki reflektorja Leica GPR	14
Preglednica 3: Tehnični podatki reflektorja Leica GMP 111	14
Preglednica 4: Podatki za izračun	29
Preglednica 5: Podatki za izračun natančnosti	30
Preglednica 6: Izračunan vpliv pogoška centriranja instrumenta.....	30
Preglednica 7: Izračunan vpliv pogoška signaliziranja	31
Preglednica 8: Izračunane vrednosti natančnosti merjenja dolžin	31
Preglednica 9: Ocena natančnosti zakoličevanja točk.....	32

KAZALO SLIK

Slika 1: Nadvoz Lipovci	1
Slika 2: Lokacija poligonskih točk (Geomatik d.o.o.).....	3
Slika 3: Geodetski načrt (Geomatik d.o.o.)	4
Slika 4: Zakoličevanje iz prostega stojišča	6
Slika 5: Polarna metoda zakoličevanje.....	8
Slika 6: Grafična predstavitev natančnosti merskega postopka	10
Slika 7: Grafična predstavitev natančnosti položaja točk.....	11
Slika 8: Leica TS15 (vir Leica Geosystems)	12
Slika 9: Reflektor Leica GPR 121 (vir Leica Geosystems)	13
Slika 10: Reflektor Leica GMP 111 (vir Leica Geosystems)	14
Slika 11: Vzdolžni prerez po osi nivelete (vir Gravitas d.o.o.)	16
Slika 12: Tloris stebra (vir Gravitas d.o.o.)	17
Slika 13: Prečni prerez stebra (vir Gravitas d.o.o.).....	18
Slika 14: Končno stanje stebra	19
Slika 15: Vzdolžni prerez in tloris konstrukcije (vir Gravitas d.o.o.).....	20
Slika 16: Raster kock v bližini železniškega tira (vir Gravitas d.o.o.)	21
Slika 17: Potek postavitve opaža (vir Gravitas d.o.o.)	22
Slika 18: Doka opažni sistem (vir Doka).....	23
Slika 19: Prečni profil prekladne konstrukcije (vir Gravitas d.o.o.).....	24
Slika 20: Stanje opaža pred polaganjem armature.....	25
Slika 21: Pogled na zgrajeno prekladno konstrukcijo	26
Slika 22: Pogled na spodnji del nadvoza	26
Slika 23: Opažni element za robni venec (vir Doka).....	27
Slika 24: Pogled na opažni oder (vir Doka)	27
Slika 25: Prečni profil hodnika in robnega venca (vir Gravitas d.o.o.)	28
Slika 26: Skica zakoličbe opaža	29

KAZALO GRAFIKONOV

Graf 1: Ocena natančnosti v vzdolžni in prečni smeri	33
Graf 2: Ocena natančnosti zakoličevanja točke	33

KRATICE

ATR	Samodejno zaznavanje tarče (angl. Automatic Target Recognition)
ATT	Samodejno sledenje premikajoči se tarči (angl. Automatic Target Tracking)
GJI	Gospodarska javna infrastruktura

1 UVOD

V diplomski nalogi bom predstavil geodetska dela, ki so se izvajala pri rekonstrukciji, elektrifikaciji in modernizaciji železniške proge Pragersko – Hodoš. Posodobitev železniške proge na odseku Pragersko – Hodoš, ki je integralni del sredozemskega koridorja in hkrati železniške osi Lyon – Trst – Divača/Koper – Divača – Ljubljana – Budimpešta – ukrajinska meja, je bila ena od prednostnih nalog pri vzpostavitvi konkurenčne železniške povezave z vzhodno Evropo. Sanacija železniške proge je povezana z gradnjo novih objektov, kateri bodo zagotavljali povečano zmogljivost proge, skrajšal se bo čas potovanja, proga bo usposobljena za hitrosti do 160 km/h.

Eden izmed teh objektov je tudi nadvoz Lipovci, kateri je obravnavan v nadaljevanju diplomske naloge. V času, ko so se izvajala gradbena dela na nadvozu sem tudi sam sodeloval pri geodetskih delih.



Slika 1: Nadvoz Lipovci

2 FAZE GEODETSKIH DEL PRI GRADNJI OBJEKTOV

Izgradnja objekta zahteva prisotnost geodeta na gradbišču že pred samim pričetkom gradnje. Prav tako je potreben med samo gradnjo za kvalitetno izvedbo gradbenih del, kot tudi po končani gradnji. Geodet je povezovalni člen med različnimi strokami, ki so prisotne pri izgradnji.

Pred gradnjo izvedemo sledeča geodetska dela:

- stabilizacija in izmera geodetske mreže,
- po naročilu investitorja ali projektanta izdelamo geodetski načrt, na osnovi katerega izdelajo projektno dokumentacijo,
- zemljiško katastrska izmera (parcelacija, ureditev mej),
- pri izgradnji večjih objektov izdelamo tudi Načrt geodetskih del in Elaborat za zakoličevanje detajlnih točk,
- zakoličevanje gospodarske javne infrastrukture (GJI).

V času gradnje objektov opravljamo kontrolne meritve ali so izvedena dela v skladu s gradbeno dokumentacijo. Izvajamo tudi snemanje GJI za potrebe izdelave elaborata za vpis v kataster GJI.

V naslednji fazi izvedemo sledeča dela:

- pri izgradnji večjih objektov izdelamo tudi Načrt izvedenih del,
- izvedemo kontrolo del, ki so se opravljala na objektu,
- ugotovimo ali je objekt v skladu z Projektom za izvedbo,
- vgradimo reperje za monitoring premikov.

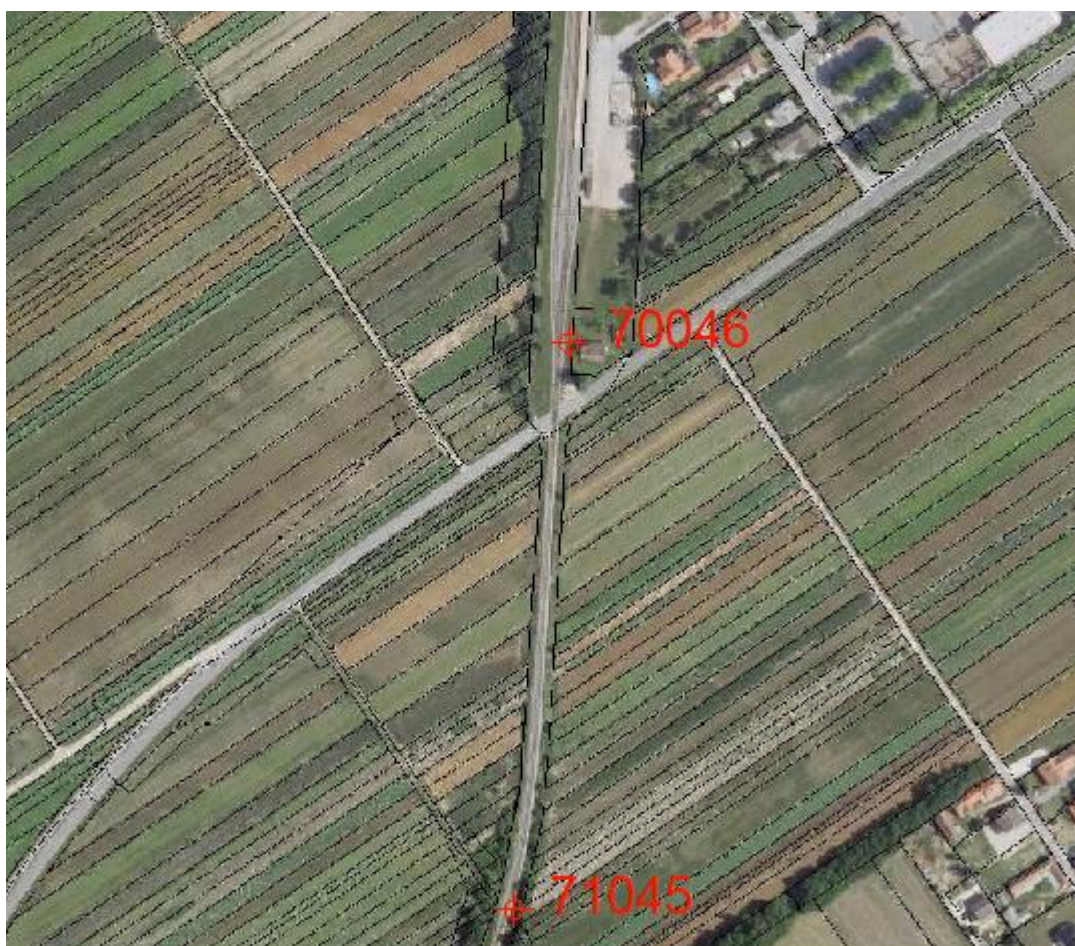
Na podlagi velikosti in karakteristik objekta se odločimo katera geodetska dela bomo izvajali v času izgradnje objekta.

3 IZDELAVA GEODETSKEGA NAČRTA

V Pravilniku je podan natančen opis izdelave načrta in katere sestavine naj bodo zajete v njem (Pravilnik o geodetskem načrtu, Uradni list RS, št. 40/2004, 2.člen). Grafični prikaz in certifikat sta sestavna dela geodetskega načrta.

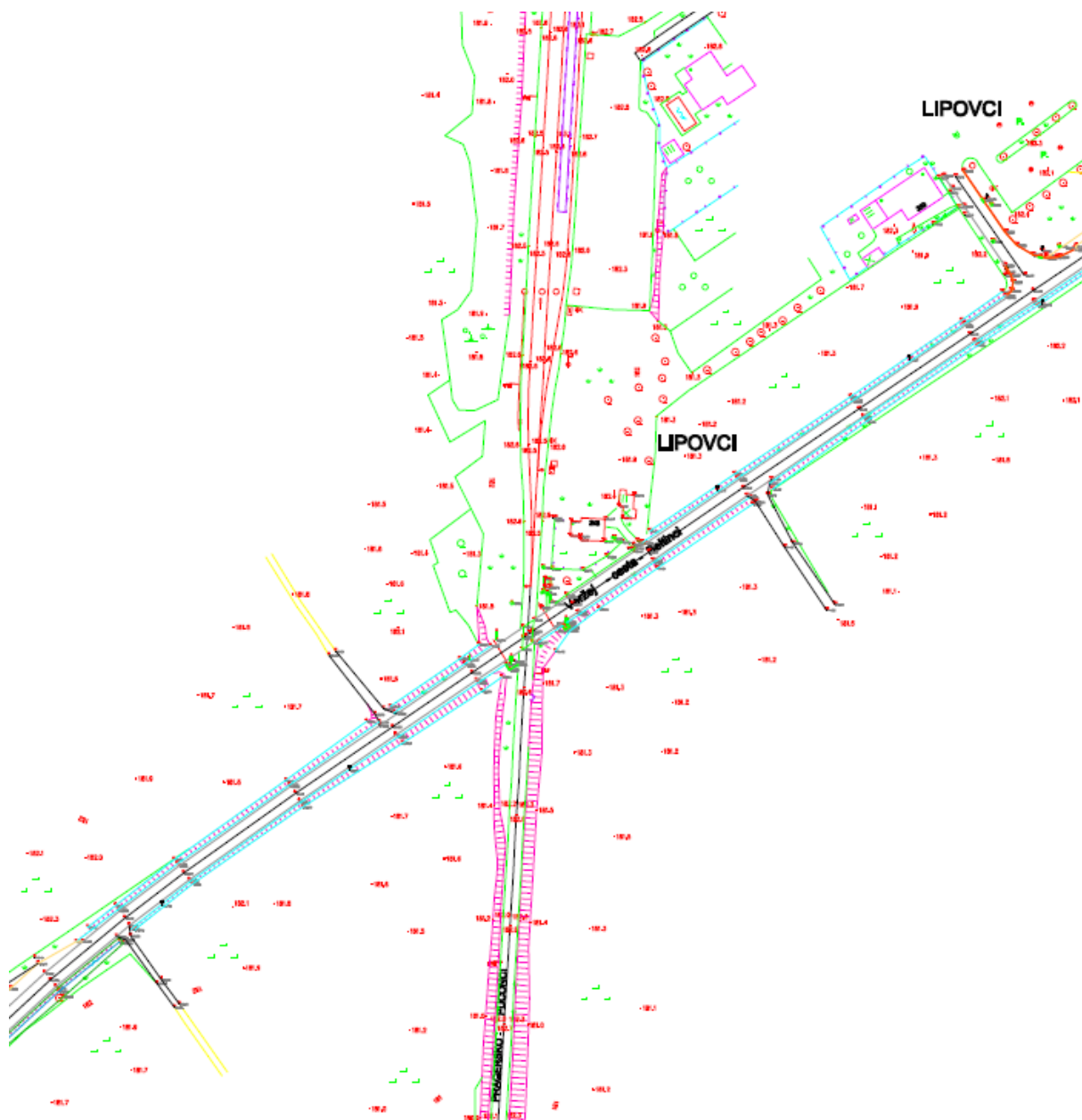
V geodetskem načrtu smo upoštevali navodila naročnika. V navodilih je bilo opisano območje katero naj zajema načrt in posamezni detajli, ki naj bodo obravnavani v načrtu.

Geodetska mreža je obstajala, navezovalni poligonski točki sta bili 70046 in 71045, katere uporablja železnica (Slika 2). Podatke o topografiji geodetskih točk smo dobili pri ŽGP (Železniško gradbeno podjetje Ljubljana d.d.).



Slika 2: Lokacija poligonskih točk (Geomatik d.o.o.)

Detajlno izmero smo izvedli z instrumentom LEICA TC1200. Posneli smo obstoječo železniško progo, objekte, relief in samo cesto v dolžini 400 metrov od tirov levo in desno. Obdelava podatkov in izris geodetskega načrta (Slika 3) je potekal v pisarni.



Slika 3: Geodetski načrt (Geomatik d.o.o.)

4 GEODETSKA DELA MED IZGRADNJO OBJEKTA

4.1 Postopki zakoličevanja točk

Zakoličevanje je prenos zasnovanega objekta v prostor oziroma naravo, katerega izvedemo z zakoličevanjem točk. Pri procesu zakoličevanja imamo opravka z obratnim procesom izmere terena. Zakoličbene točke so zapisane v gradbenih podlogah.

Zakoličevanja izvedemo v sledečih korakih:

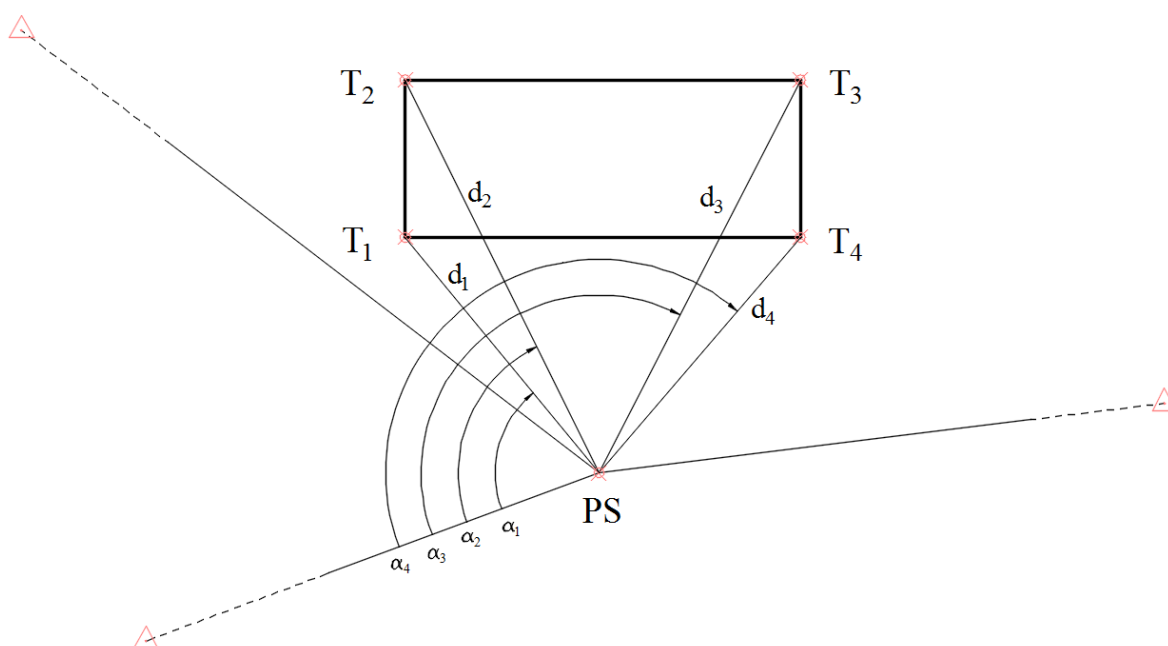
- vzpostavitev primerne in kvalitetne geodetske mreže,
- kontrola podlog za zakoličevanje,
- priprava zakoličbenih elementov,
- izbor instrumentarija in metode zakoličevanja,
- zakoličba in zaznamovanje točk,
- predaja zakoličenih točk naročniku.

Preden pričnemo z izračunom zakoličbenih elementov definiramo koordinatni sistem za izvedbo zakoličbe. Koordinatni sistem geodetske mreže moramo uskladiti z gradbenim načrtom.

V našem primeru pri izgradnji nadvoza Lipovci smo najprej za kontrolo preverili višino železniških tirnic v območju nadvoza in tako preverili ali je naša višinska mreža usklajena z višino tirnic v gradbenem načrtu.

4.2 Vzpostavitev geodetske mreže

Pri vzpostavitvi geodetske mreže je v večini primerov uporabljen postopek prosta izbira stojišča. Prednost te metode je, da instrument ne centriramo nad obstoječo točko zato pogrešek centriranja odpade. Koordinate stojišča točka PS (Slika 4) določimo na podlagi merjenj na navezovalne točke. Zakoličbene elemente za obravnavane točke, ki jih zakoličujemo izračunamo z ustreznim programom, ki je vgrajen v tahimeter.



Slika 4: Zakoličevanje iz prostega stojišča

4.3 Metode zakoličevanja

Zakoličevanje predstavlja prenos zasnovanih geometrijskih količin v prostor. Pri tem stabiliziramo in označimo točke z zadostno točnostjo, ki označujejo obliko in lego objekta v prostoru.

Zakoličevanje ločimo na zakoličevanje v horizontalni ravnini in na zakoličevanjem višin. Položaj točk v horizontalni ravnini zakoličujemo z merjenjem dolžin in smeri ali pa s kombinacijo obeh. Z metodo geometričnega nivelmana izvedemo zakoličevanje višin. Sodobni instrumenti nam omogočajo poleg zakoličevanja horizontalnega položaja točk istočasno tudi zakoličevanje višin. Horizontalni položaj točke lahko zakoličimo s sledečimi metodami:

- polarna metoda,
- ortogonalna metoda,
- metoda preseka smeri,

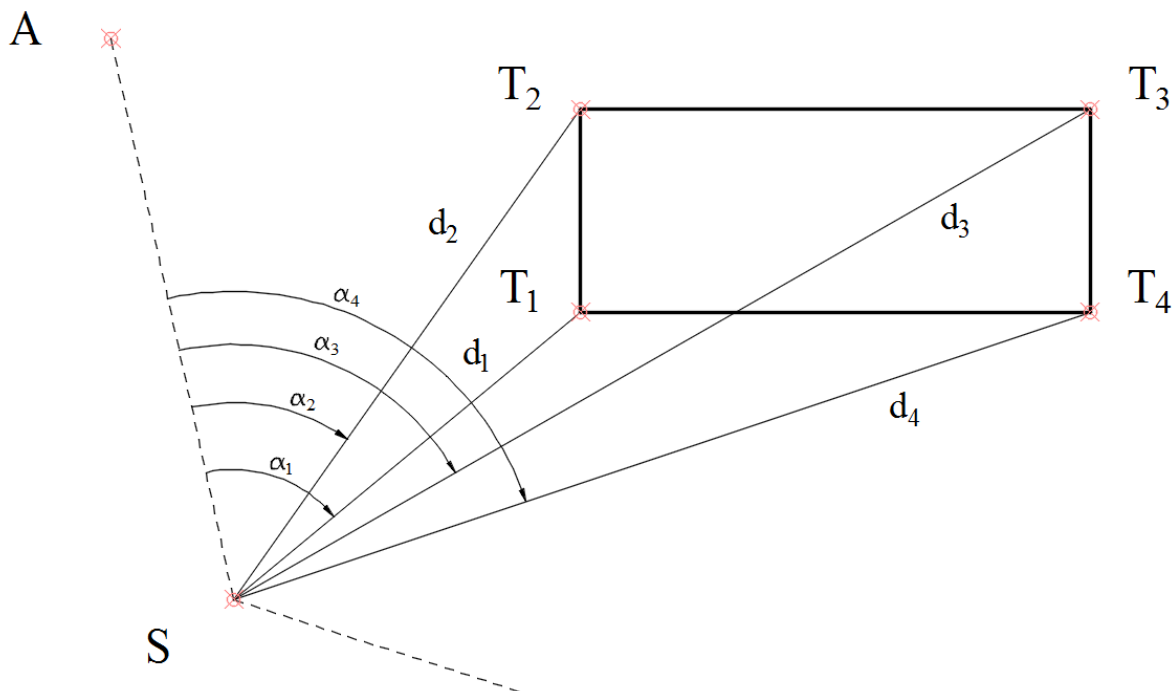
Ko izbiramo metodo zakoličbe, upoštevamo sledeče:

- instrumentarij ki ga imamo na razpolago,
- obseg zakoličevanja,
- način izgradnje objekta,
- zahtevana natančnost s strani naročnika.

Pri gradnji nadvoza Lipovci smo največkrat uporabljali polarno metodo zakoličevanja, s prosto izbranega stojišča.

4.4 Polarna metoda

Točke T_i (Slika 5) zakoličimo iz znanega ali prostega stojišča (točka S na Sliki 5) z navezavo na dano točko geodetske mreže (točka A na Sliki 5), na osnovi polarnih zakoličbenih elementov. Polarni zakoličbeni elementi so dolžine in smeri proti zakoličenim točkam, ki so določene z zakoličbenim kotom α_i (Slika 5).



Slika 5: Polarna metoda zakoličevanje

Zakoličbena elementa kot α_i in dolžina d_i si izračunamo po sledečih enačbah:

$$v_S^{T_i} = \arctan \frac{y_{T_i} - y_S}{x_{T_i} - x_S} \quad (1)$$

$$v_S^A = \arctan \frac{y_A - y_S}{x_A - x_S} \quad (2)$$

$$\alpha_i = v_S^{T_i} - v_S^A \quad (3)$$

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_S)^2 + (y_i - y_S)^2} \cdot (1 + \Delta m) \quad (4)$$

Kot α_i je kot med navezovalno stranico in stranico med stojiščem ter projektirano točko, ki jo želimo zakoličiti. Dolžina d_i je razdalja od stojišča do točke, ki jo nameravamo zakoličiti.

Kontrolo zakoličevanja izvedemo z izmero frontov in diagonal objekta ter odmikom od obstoječih objektov, če je projektiran. Kontrolo zakoličenih točk lahko izvedemo s tahimetrom. Za oceno pravilnosti zakoličevanja in kontrolo grobih pogreškov primerjamo izmerjene koordinate s tistimi iz projekta.

4.5 Ocena natančnosti zakoličevanja

Ocena natančnosti zakoličevanja je pomembna za kvalitetno izvedbo geodetskih del. Pri geodetskih delih so podane zahteve naročnika glede natančnosti izvedbe del. Zahtevano natančnost dosežemo z izbiro ustreznih postopkov zakoličevanja in izbiro primerne instrumentarija. S tem dosežemo kvalitetno in prepričljivo izvedbo geodetskih del.

Pri tem razlikujemo več natančnosti:

- zahtevana natančnost (navedena dovoljena odstopanja, ki so podana v projektu),
- pričakovana natančnost (opisana metoda zakoličevanja in uporabljen instrumentarij),
- dosežena natančnost (kontrola).

Pri oceni pričakovane natančnosti iščemo standardno odstopanje zakoličevane točke. Uporabljena metoda zakoličevanja in izbran instrumentarij vsebuje standardna odstopanja, katera zapišemo s funkcijo:

$$F = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (5)$$

po zakonu o prenosu varianc in kovarianc sledi:

$$\sigma_F = \sqrt{\left(\frac{dF}{dx_1} \cdot \sigma_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dx_2} \cdot \sigma_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{dF}{dx_n} \cdot \sigma_{x_n}\right)^2}, \quad (6)$$

kjer so x_1, x_2, \dots, x_n vplivne količine in $\sigma_{x_1}, \sigma_{x_2}, \dots, \sigma_{x_n}$ natančnost vplivnih količin.

4.5.1 Ocena natančnosti merskega postopka

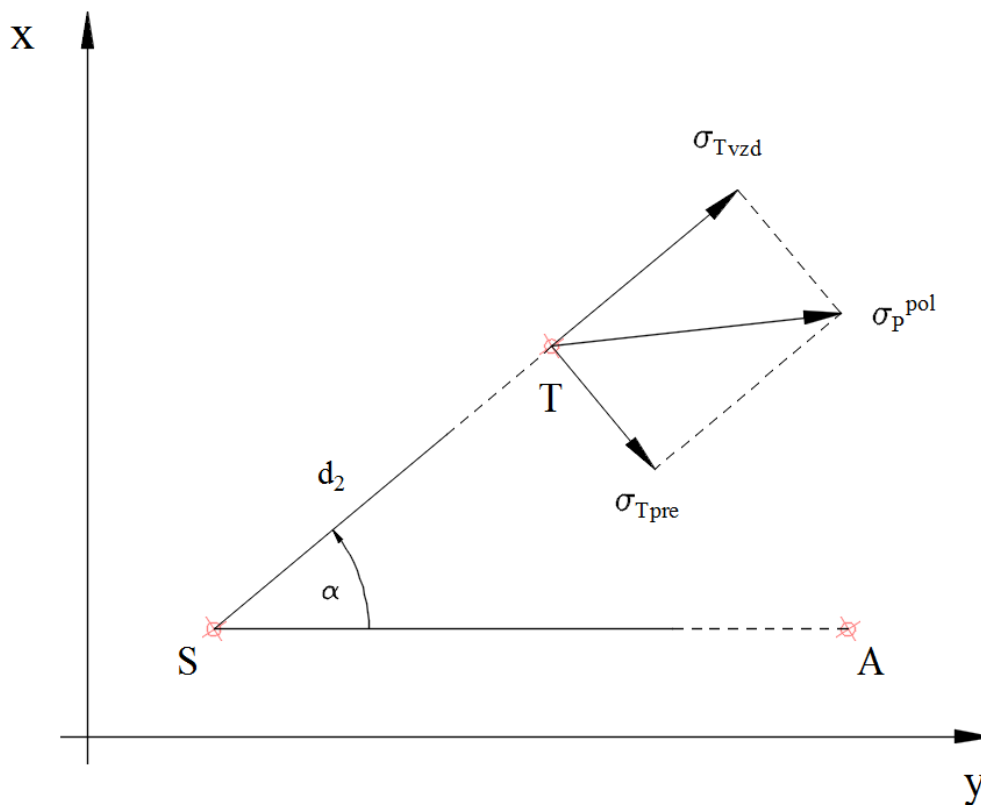
Podane imamo točke in zakoličbene elemente. Na oceno natančnosti merskega postopka vplivajo: natančnost centriranja instrumenta (σ_{ci}), natančnost signaliziranja (σ_{si}), natančnost viziranja (σ_v), natančnost označevanja (σ_{ozn}), natančnost merjenja razdalje (σ_d) in natančnost zakoličevanja kota (σ_α). Komponenti zapišemo z prečno in vzdolžno natančnostjo glede na stojiščno točko (Slika 6).

$$\sigma_{pre}^{pol} = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}^2}{2} + \sigma_{si}^2 + \left(\frac{d_2 \cdot \sigma_v}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{d_2 \cdot \sigma_\alpha}{\rho}\right)^2 + \frac{\sigma_{ozn}^2}{2}} \quad (7)$$

$$\sigma_{vzd}^{pol} = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}^2}{2} + \sigma_{d_2}^2 + \frac{\sigma_{ozn}^2}{2}} \quad (8)$$

$$\sigma_P^{pol} = \sqrt{\sigma_{pre}^{pol^2} + \sigma_{vzd}^{pol^2}} \quad (9)$$

Na vzdolžni pogrešek vpliva pogrešek merjenja razdalj. Na prečni pogrešek vpliva pogrešek zakoličevanja kota. Vpliv natančnosti zakoličevanja kotov na natančnost v prečni smeri raste sorazmerno z razdaljo.



Slika 6: Grafična predstavitev natančnosti merskega postopka

4.5.2 Ocena natančnosti položaja točk

Pričakovano natančnost položaja točke T (Slika 7) zapišemo z naslednjimi enačbami:

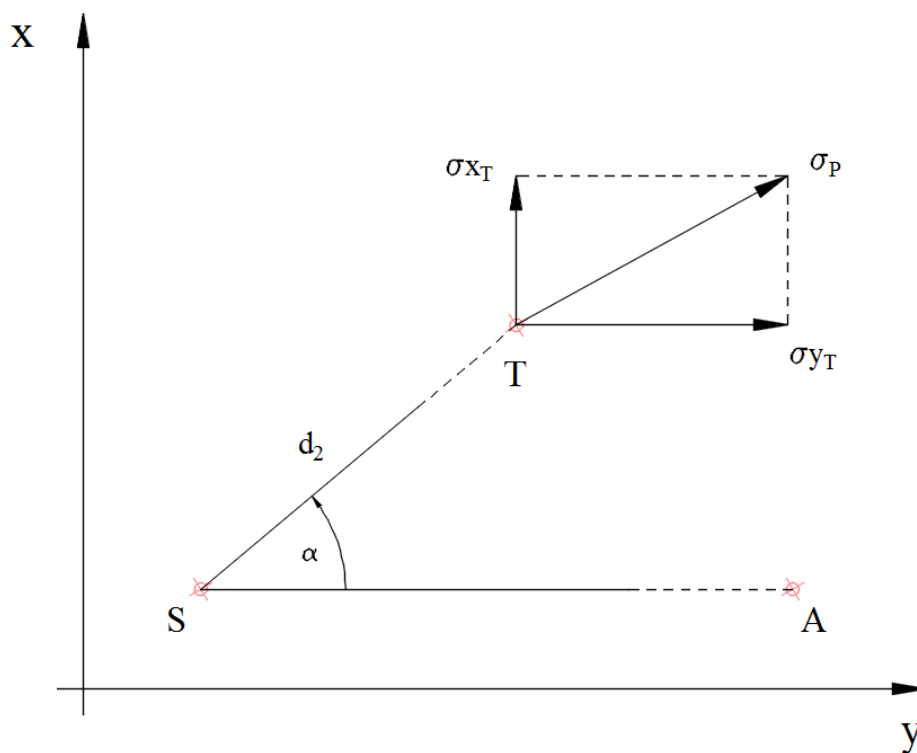
$$x_T = x_A + d \cdot \cos\alpha \quad (10)$$

$$y_T = y_A + d \cdot \sin\alpha \quad (11)$$

$$\sigma_{x_T}^{pol} = \pm \sqrt{\sigma_{x_A}^2 + (\cos\alpha \cdot \sigma_d)^2 + \left(-d_2 \cdot \sin\alpha \cdot \frac{\sigma_\alpha}{\rho}\right)^2} \quad (12)$$

$$\sigma_{y_T}^{pol} = \pm \sqrt{\sigma_{y_A}^2 + (\sin\alpha \cdot \sigma_d)^2 + \left(d_2 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{\sigma_\alpha}{\rho}\right)^2} \quad (13)$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{x_T}^{pol2} + \sigma_{y_T}^{pol2}} \quad (14)$$



Slika 7: Grafična predstavitev natančnosti položaja točk

5 ZAKOLIČBA NADVOZA LIPOVCI

5.1 Instrumentarij

Za izmero in zakoličevanje smo uporabili tahimeter Leica TS15 (Slika 8), ki je namenjen natančnejšim meritvam kotov in dolžin. Elektronski tahimeter je instrument, ki nam omogoča istočasno merjenje horizontalne smeri, zenitnih razdalj in poševne razdalje. Instrument ima funkciji ATR (angl. Automatic Target Recognition) in ATT (angl. Automatic Target Tracking), ki nam omogočata samodejno zaznavanje tarče (ATR) in samodejno sledenje premikajoči se tarči (ATT), kar je v primeru velikega števila meritev zelo uporabno, predvsem zaradi hitrosti opravljenih meritev. Tehnični podatki instrumenta, navedeni s strani proizvajalca Leica so prikazani v (Preglednica 1).



Slika 8: Leica TS15 (vir Leica Geosystems)

Natančnost merjenja smeri: $\sigma_{ISO\ 17123-3}$	1 " (0,3 mgon)
Natančnost merjenja dolžin z reflektorjem: $\sigma_{ISO\ 17123-4}$	1 mm + 1,5 ppm
Doseg s standardno prizmo (GPR1)	1800 m - 3500 m
Najkrajša izmerljiva dolžina	1,5 m
Prikaz decimalnega mesta	0,1 " (0,1 mgon)
Hod kompenzatorja	0,5 " (0,2 mgon)
Ločljivost dozne libele	6/2 mm
Zorno polje	1°30' (1,66 gon)
Lasersko centriranje	1,5 mm na 1,5 m višine
Zaslon	VGA (640 x 480)
Temperaturno območje delovanja	od -20 °C do +50 °C

Preglednica 1: Tehnični podatki instrumenta Leica TS15

Pri izgradnji nadvoza Lipovci smo uporabljali merski pripomoček reflektor Leica GPR 121 (Slika 9), katerega se postavi na teleskopsko togo grezilo z dozno libelo, s katero omogočamo vertikalno postavitev tarče. Reflektor GPR 121 smo uporabljali:

- pri orientaciji na mrežo geodetskih točk,
- pri zakoličenju pilotov in temeljev objekta,
- pri zakoličenju cestnih prečnih profilov,
- pri končnem posnetku za projekt izvedenih del.



Slika 9: Reflektor Leica GPR 121 (vir Leica Geosystems)

Adicijska konstanta	0,0 mm
Premer	62 mm
Offset	34 mm
Natančnost	± 1 mm
Zaklep	»push-button«

Preglednica 2: Tehnični podatki reflektorja Leica GPR

Reflektor GMP 111 (Slika 10) smo uporabljali:

- pri zakoličenju stebrov,
- za kontrole višin objekta,
- pri zakoličenju posameznih detajlov,
- pri višinskem in pozicijskem zakoličenju opaža nadvoza.



Slika 10: Reflektor Leica GMP 111 (vir Leica Geosystems)

Adicijska konstanta	17,5 mm
Premer	25 mm
Offset	0 mm
Natančnost	± 2 mm
Zaklep	navoj

Preglednica 3: Tehnični podatki reflektorja Leica GMP 111

5.2 Podatki o objektu

Objekt je zgrajen v sklopu ureditve križanj z železnico na odseku Pragersko – Hodoš v okviru elektrifikacije in rekonstrukcije železniške proge Pragersko – Hodoš. Objekt je lociran na delu proge št.41 Ormož – Hodoš, na odseku podsklopa F-3 v km proge 32+813,81.

Nadvoz je načrtovan v križanju z lokalno cesto R2/439 od km ceste 0.4+34.71 do km ceste 0.5+29.71 (osno). Križanje z železniško progo je v km ceste 0.4+78.26, kot križanja je 52,27°.

Karakteristike objekta:

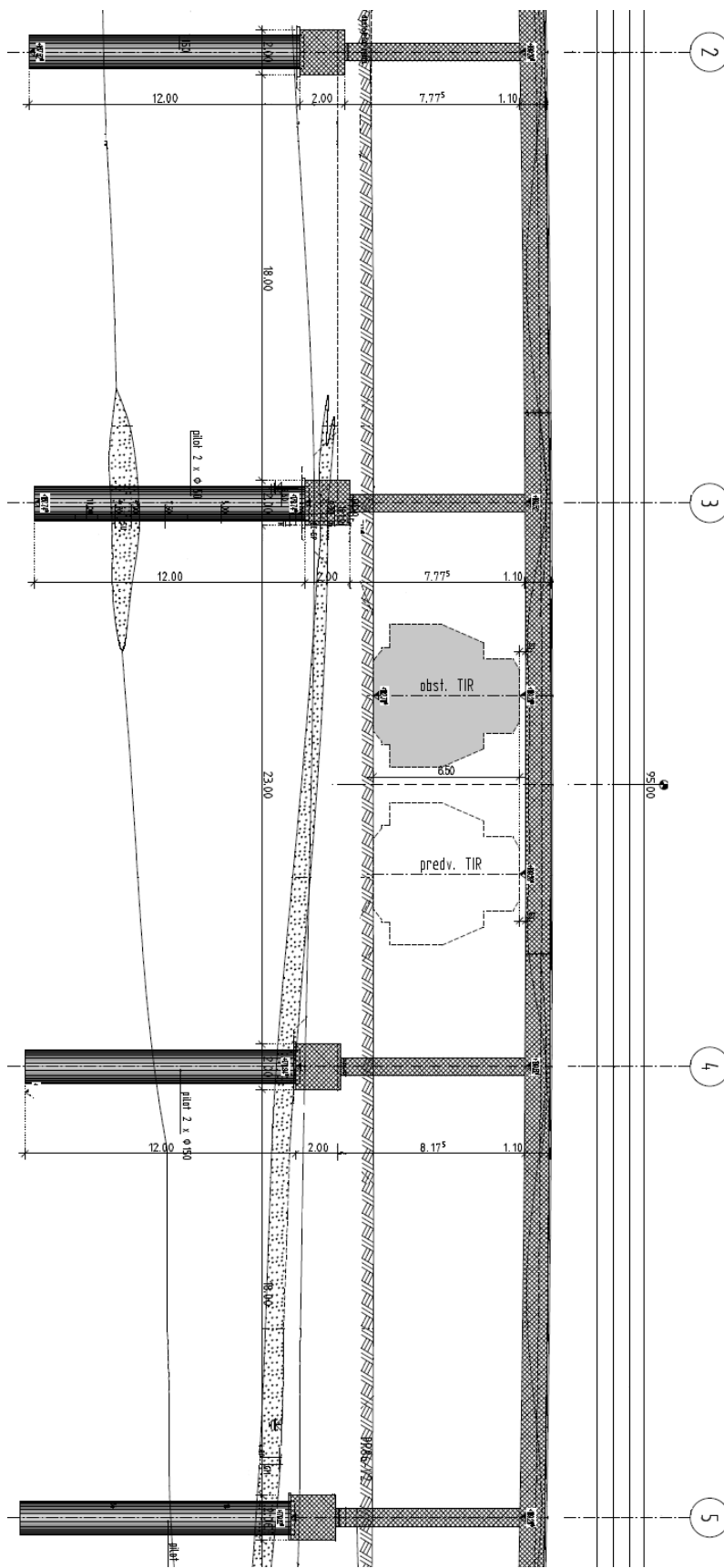
- dolžina objekta oziroma prekladne konstrukcije znaša 97,00 m,
- širina objekta znaša 12,86 m,
- niveleta ceste je v radiju vertikalne zaokrožitve $R = -2000$ m s temenom v km 0.4+82,21, kar je približno na sredini med obema tiroma,
- višina temena je na 190,740 m. Tangente so obojestranske z 5% vzdolžnim padcem,
- tlorisno je objekt projektiran v premi,
- prečni padec ceste na objektu je 2,50 % in je konstanten po celotni dolžini objekta.

Objekt je zasnovan kot semi-integralna prednapeta AB konstrukcija preko 5 polj, dolžine prekladne konstrukcije 97,00 m, vpete v vmesne podpore 2, 3, 4 in 5, ter na pomičnih ležiščih v oseh 1 in 6. Osni razponi polj znašajo 15,00 + 20,00 + 25,00 + 20,00 + 15,00 m.

Prekladna konstrukcija je višine 110 cm, širine 13,30 m (12,60 m konstrukcija) in je grajena segmentno s premičnim opažem. Prečni prerez konstrukcije je ploščat T nosilec, višine 110 cm, skupne širine 12,16 m, z dolžino konzol 2,60 m in minimalno širino 6,46 m.

Vmesne podpore so stebri, ovalnih oblik 300/80 cm, z robovi zaokroženimi na $R = 40$ cm. Višina stebrov znaša 7,80 m (os 2 in 3), oziroma 8,20 m (os 4 in 5). Vmesne podpore so temeljene na dveh pilotih Φ 150 cm, ki prevzemata obremenitve zgornjih delov konstrukcije preko pilotne grede.

Krajni podpori sta opornika (os 1 in 6), skupne višine 4,10 m, debeline 2,60 m (spodaj 2,65 m). Krajna opornika prenašata vplive prekladne konstrukcije preko dveh lončnih ležišč. Lončna ležišča so odložena na ležiščne blazine, dimenzij 100 x 100 cm, izvedena z ravno zgornjo površino. Opornika sta temeljena na dveh pilotih Φ 150 cm.



Slika 11: Vzdolžni prerez po osi nivelete (vir Gravitas d.o.o.)

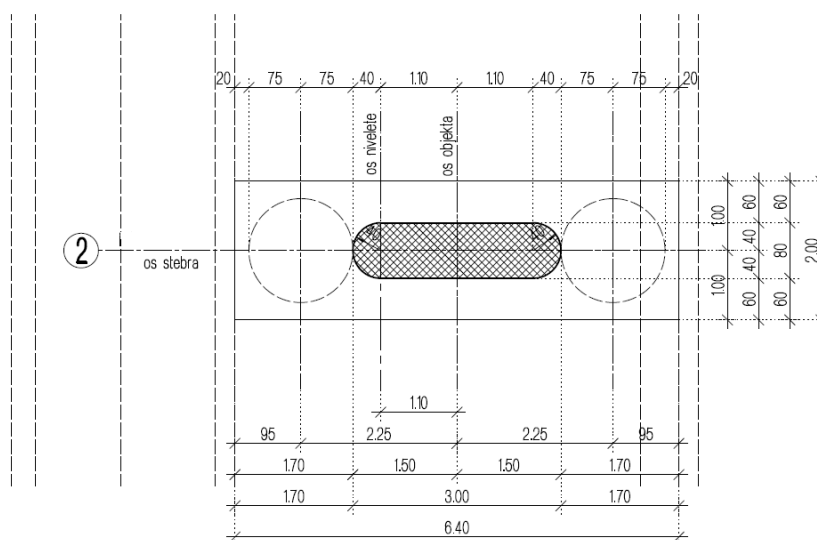
5.3 Temelji

Geološka zgradba na obravnavanem območju je dokaj enostavna. Na površju imamo zastopane le kvartalne sedimente, med slednjimi je najstarejši murski prod. Na produ je ponekod odložena peščena glina, ponekod pa so se ohranila tudi mrtva korita. Murski prod zavzema pretežni del terena. Sestavljen je iz proda (70%), peska in melja (20%) ter gline (10%).

Temeljenje na pilotih je ena izmed metod globokega temeljenja. Kadar tla v plitvejši coni nimajo zadostne moči nošenja, oziroma imajo preveliko stisljivost ali možnost zdrsa, je potreben neposreden prenos obtežbe objekta v večje globine, v katerih so tla manj stisljiva in glede na nevarnost zdrsa odpornejša. Piloti prenašajo obtežbo v tla bodisi s trenjem ob obodu svojega trupa, bodisi preko svojih nog, največkrat pa kombinirano. Piloti so izvedeni z Benotto tehnologijo, pri tej tehnologiji gre za potiskanje jeklene opazne cevi z oscilnim primežem.

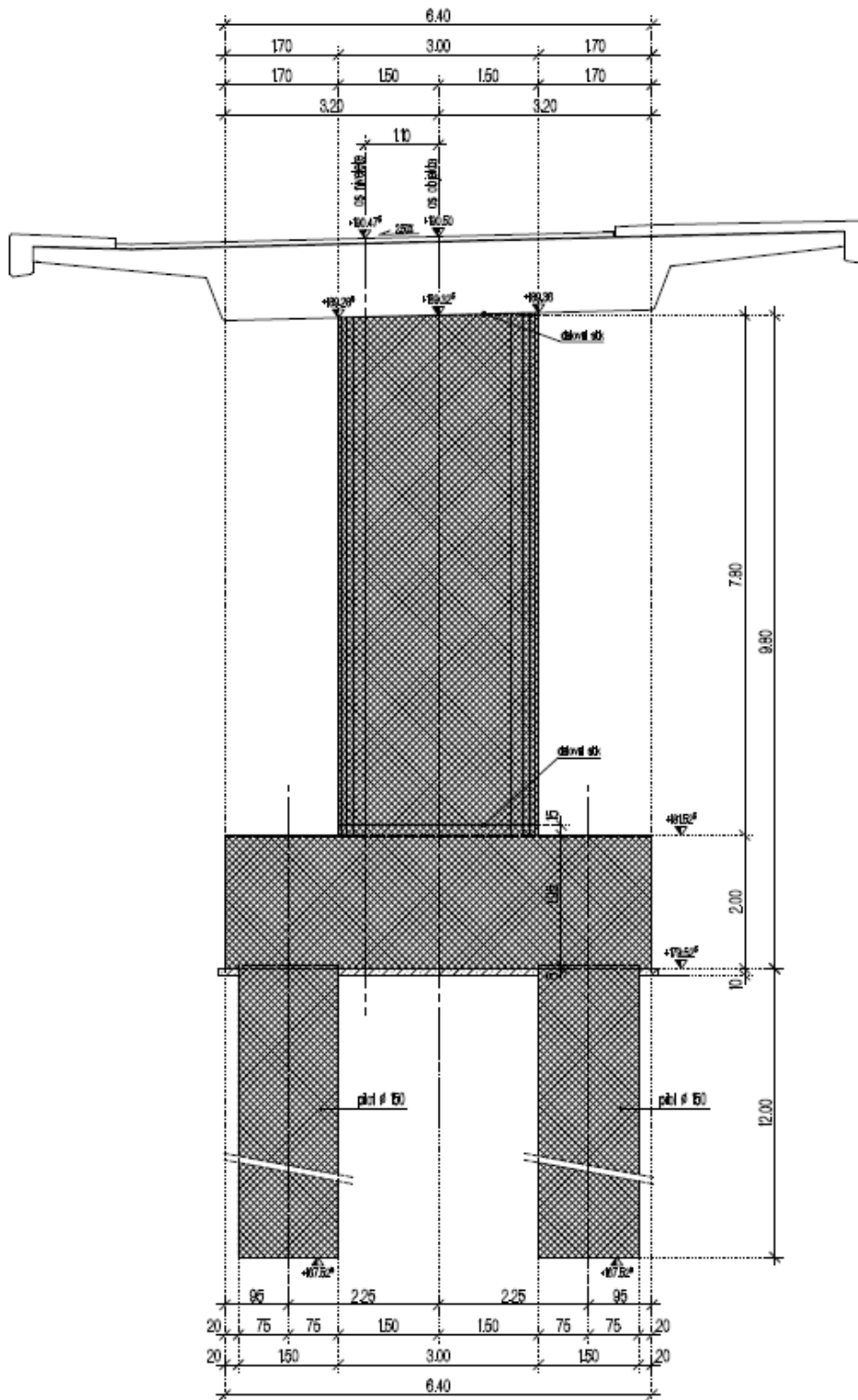
Pred samim pilotiranjem izvedemo zakoličbo pilotov, zakoliči se os pilota. Projektiran položaj smo označili s količkom. Zakoličeno os smo zavarovali z dvema količkoma, ki sta se nahajala na dveh pravokotnih oseh, ki se sekata v osi pilota. Zakoličili smo še višinsko koto delovnega platoja ob vsakem pilotu, da se je vedelo kako globoko uvrstati pilot.

Objekt je temeljen na 12 pilotih premera Φ 150 cm, dolžine 12 m (vmesne podpore 2, 3, 4, 5), oziroma 14 m (krajni opori 1, 6). Piloti so izvedeni v betonu in armirani z armaturo.



Slika 12: Tloris stebra (vir Gravitas d.o.o.)

Ko so bili piloti uvtvani, se je izvedel izkop za postavitev podložnega betona. Na podložni beton se je zakoličila pilotna greda. Sledila je postavitev stebrov v osi 2, 3, 4, 5 in podpor v osi 1 in 6, pred vgradnjo betona smo izvedli višinsko kontrolo opaža.



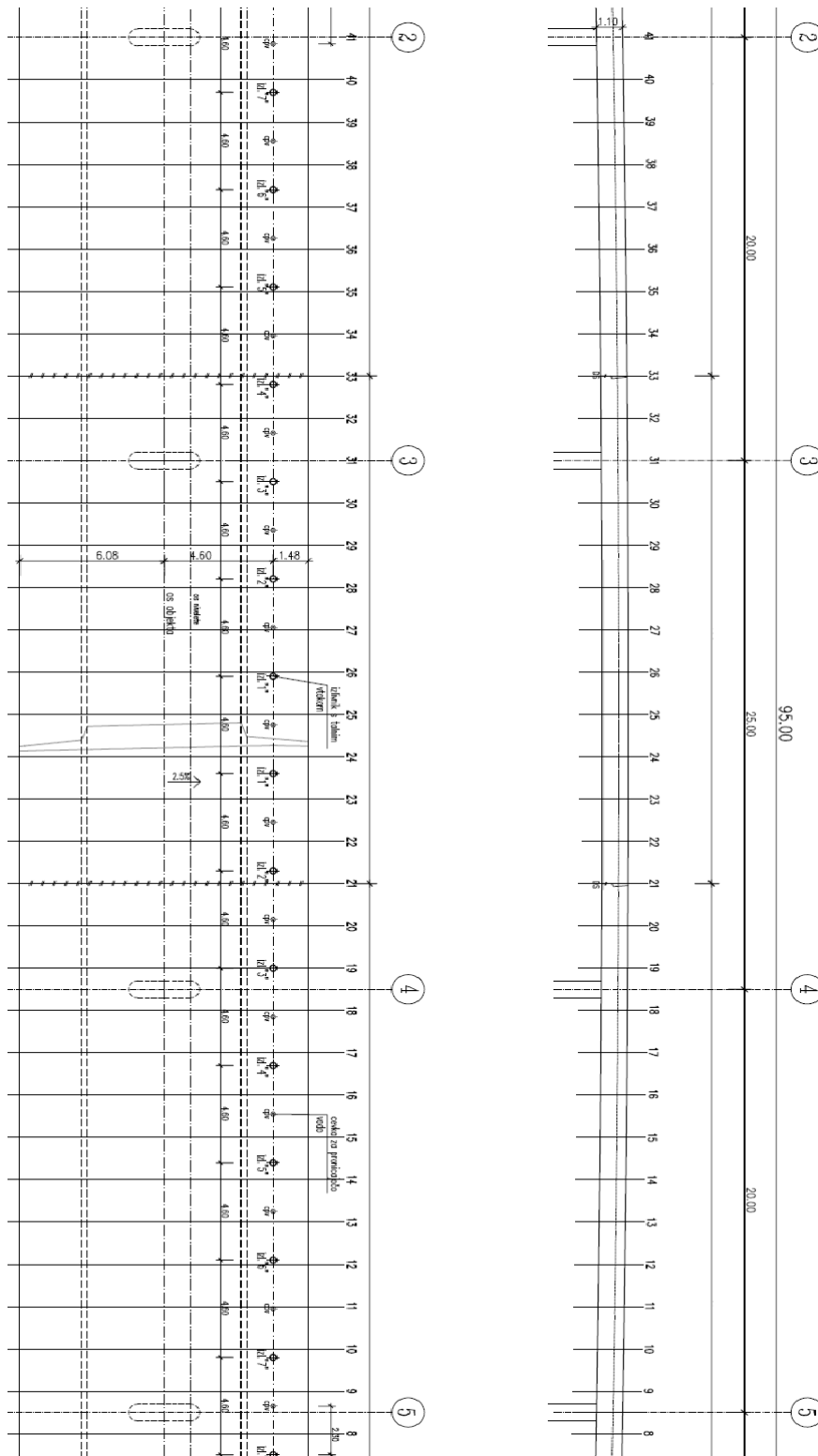
Slika 13: Prečni prerez stebra (vir Gravitass d.o.o.)



Slika 14: Končno stanje stebra

5.4 Zakoličenje prekladne konstrukcije

Prekladna konstrukcija meri v dolžino 97 m in je razdeljena na 49 prečnih profilov, ki smo jih zakoličevali (Slika 15). Profili so si sledili na vsaka 2 m oziramo v bližini opornika na 1 m.

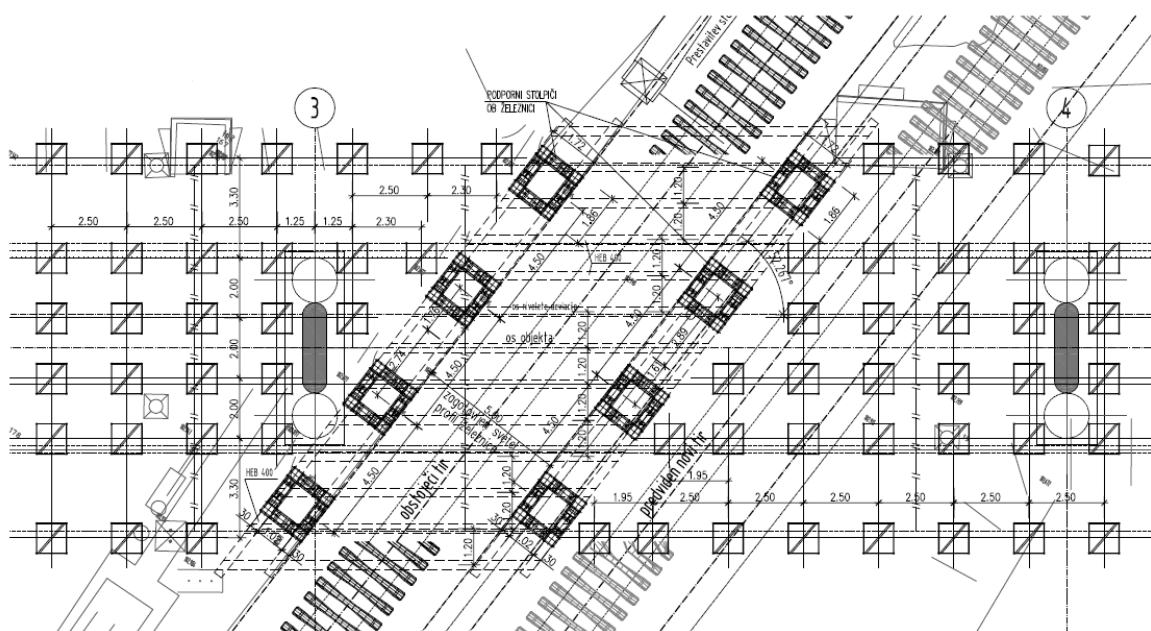


Slika 15: Vzdolžni prerez in tloris konstrukcije (vir Gravitas d.o.o.)

Pred samim zakoličenjem je bilo treba pripraviti zakoličbene elemente za točke, ki so se nahajale na vsakem profilu. Podatki so bili navedeni v preglednici po stacionažah, katere je bilo treba spremeniti v primerno obliko za zakoličenje. Izdelali smo raster točk čez celotni objekt, kjer je vsaka točka dobila x, y in z koordinato. V tabeli je bil naveden tudi podatek o nadvišanju konstrukcije za vsak profil posebej, ta je znašal od -6 mm do +6 mm. Nadvišanje odra je potrebno zaradi elastičnih deformacij in tečenja betonske prekladne konstrukcije.

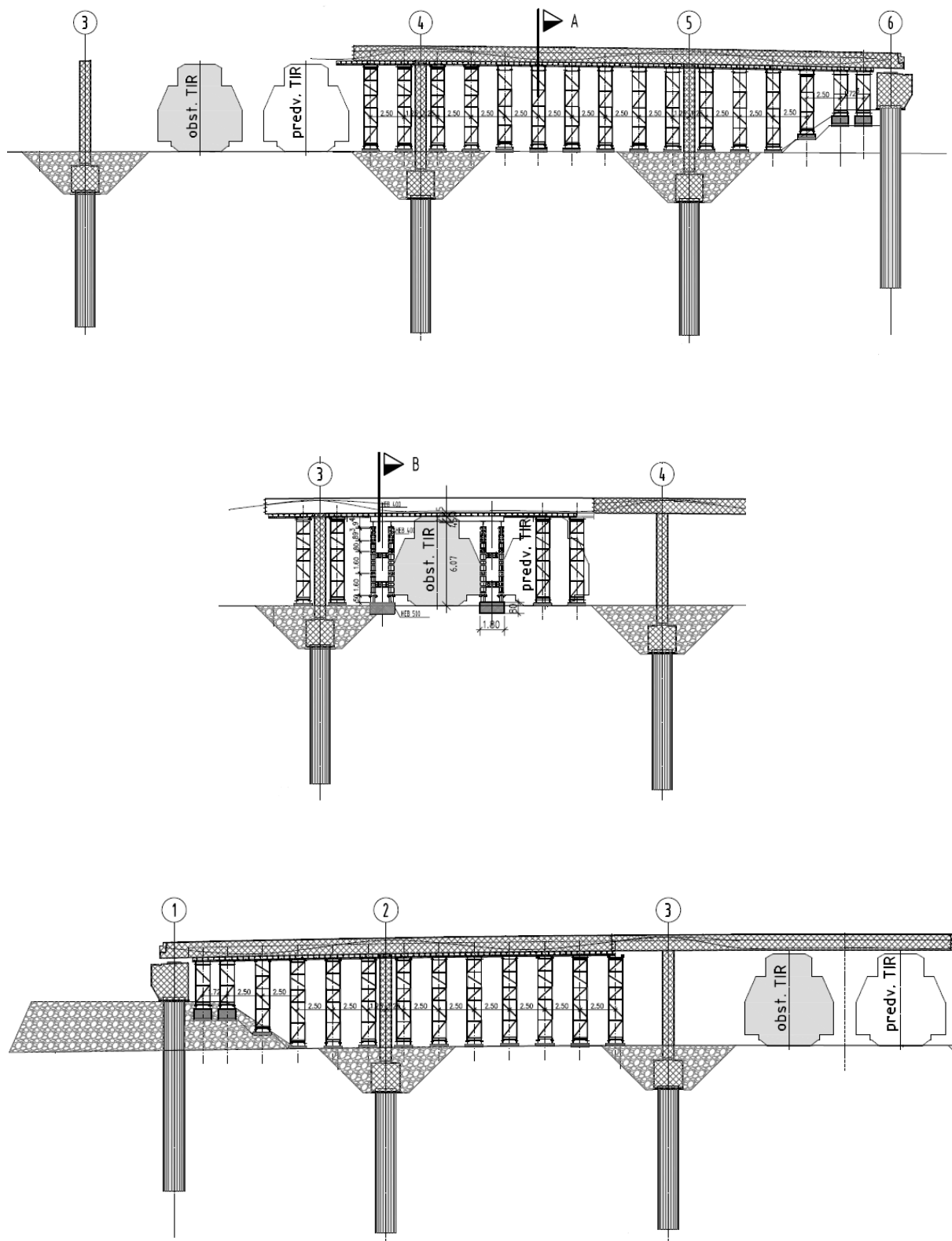
Zakoličenje je potekalo z metodo proste izbire stojišča. To metodo smo izbrali, ker omogoča izbiro stojišča, kjer je najbolj potrebno oziroma v določenih primerih smo prisiljeni izbrati določeno mesto stojišča zaradi vidnega polja zakoličevanja. Položaj stojišča je bil vrh opornikov, na katere smo se povzpeli. Preden smo pričeli z zakoličenjem smo si morali pripraviti geodetsko mrežo. Geodetska mreža je bila razvita tako, da smo lahko orientirali instrument ne glede, na katerem oporniku stojimo.

Pred postavitvijo opaža je bilo potrebno zakoličiti raster točk za polaganje betonskih kock, na katerih stoji sam opaž. Raster kock je bil pomemben predvsem v bližini železniških tirov, ker je moral v času gradnje železniški promet potekati nemoteno. Zagotovljen svetel profil železnice je znašal 5 m.



Slika 16: Raster kock v bližini železniškega tira (vir Gravitass d.o.o.)

Sama postavitve opaža je potekala v 3 delih.



Slika 17: Potek postavitve opaža (vir Gravitas d.o.o.)

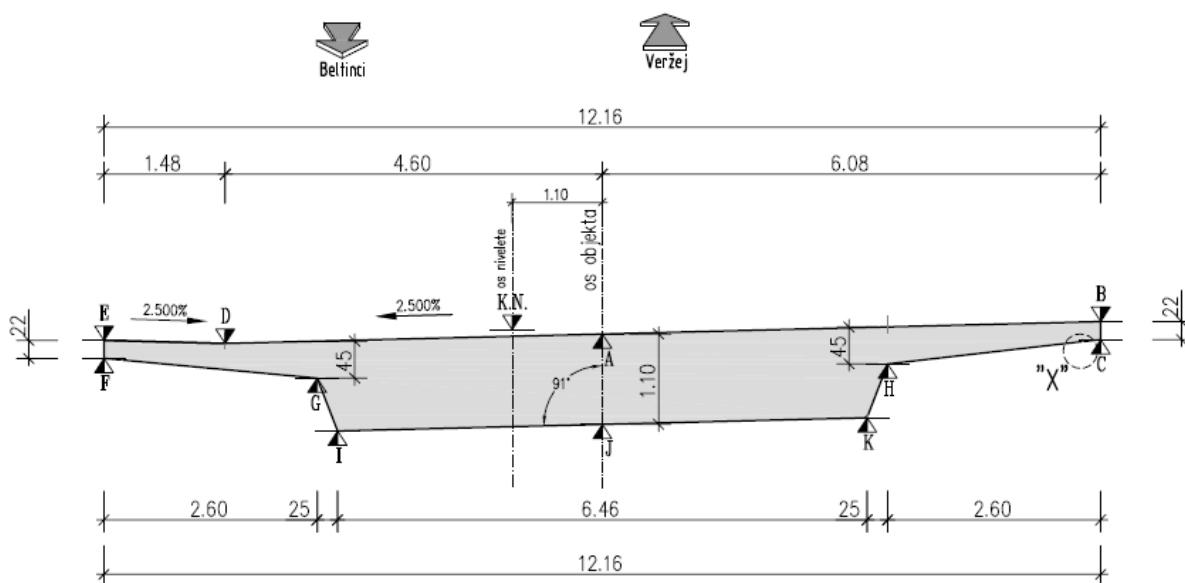
Pri postavitvi odra in opaža se je uporabljal Doka opažni sistem. Uporabljali so se podporni stolpi Staxo, katerih lastnost je visoka nosilnost, enostavna in hitra montaža z integriranimi povezovalnimi sredstvi, ter mnogostranske možnosti uporabe. Ti podporni stolpi se uporabljajo pri visokih in nizkih gradnjah, kjer se pojavljajo velike obremenitve.



Slika 18: Doka opažni sistem (vir Doka)

Po postavitvi odra in opaža je sledilo ravnanje opaža, kateri je imel obliko črke T. Pri ravnanju opaža se je zakoličeval pravilen položaj in višina poda. Ko je bil pod poravnan na pravo višino, so se postavila krila, katera so se tudi pravilno poravnala. Pri zakoličevanju opaža se je upoštevalo tudi potrebno nadvišanje opaža v skladu z opažno risbo.

Na vsakem prečnem profilu so se zakoličevale točke: F, G, I, J, K, H in C (Slika 19).



Slika 19: Prečni profil prekladne konstrukcije (vir Gravitas d.o.o.)

Po končani fini nastavitvi opaža, se je še enkrat izvedla kontrolna meritev po vseh prečnih profilih. Na podlagi kontrolnih meritev se je izdelal zapisnik zakoličenja, kateri je bil predan izvajalcu. Sam proces zakoličevanja prečnih profilov prekladne konstrukcije in višinsko reguliranje opaža je trajal mesec dni, pri tem je bila pomembna uigranost geodeta in figuranta ter tudi gradbenih delavcev, kateri so nastavljali opaž. Po tej fazi gradnje je sledilo polaganje železne armature in betoniranje.



Slika 20: Stanje opaža pred polaganjem armature

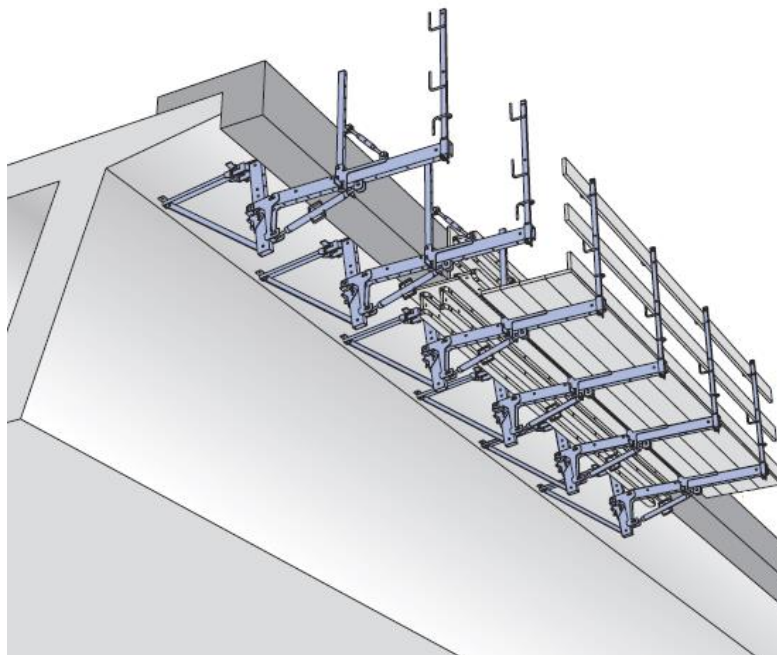


Slika 21: Pogled na zgrajeno prekladno konstrukcijo



Slika 22: Pogled na spodnji del nadvoza

Po betoniranju in izvedbi hidroizolacije objekta je sledil posnetek betonske konstrukcije in izdelava poročila. Naslednja faza gradnje je bila postavitve opaža za robni venec. Uporabljal se je Doka opažni sistem, katerega odlikuje visoka nosilnost ob majhni posamezni teži.



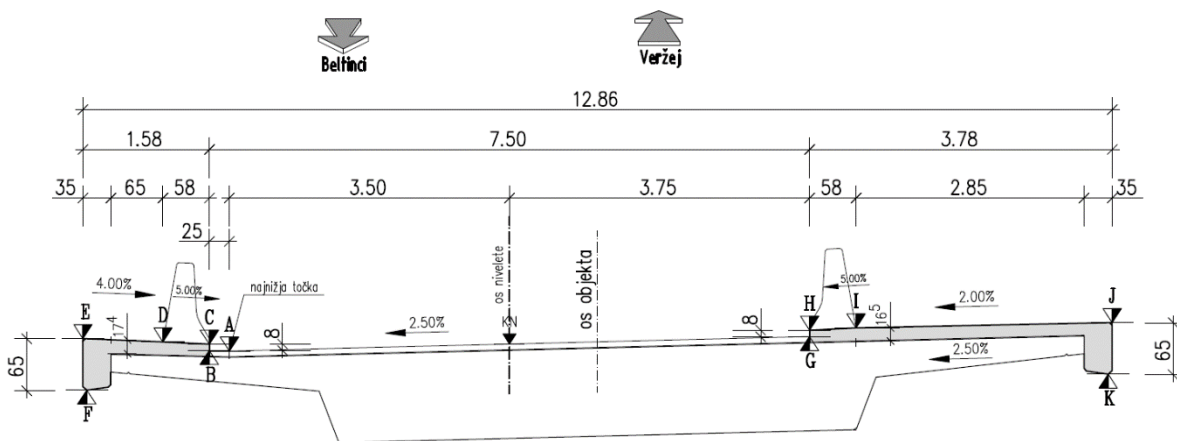
Slika 23: Opažni element za robni venec (vir Doka)



Slika 24: Pogled na opažni oder (vir Doka)

Sledilo je zakoličenje hodnikov in robnih vencev. Pred samo zakoličbo smo si pripravili raster točk, na katerega smo prenesli zakoličbene elemente iz prečnih profilov. Pri zakoličenju smo upoštevali višinsko odstopanje, ki je nastalo kot posledica neravne betonske plošče.

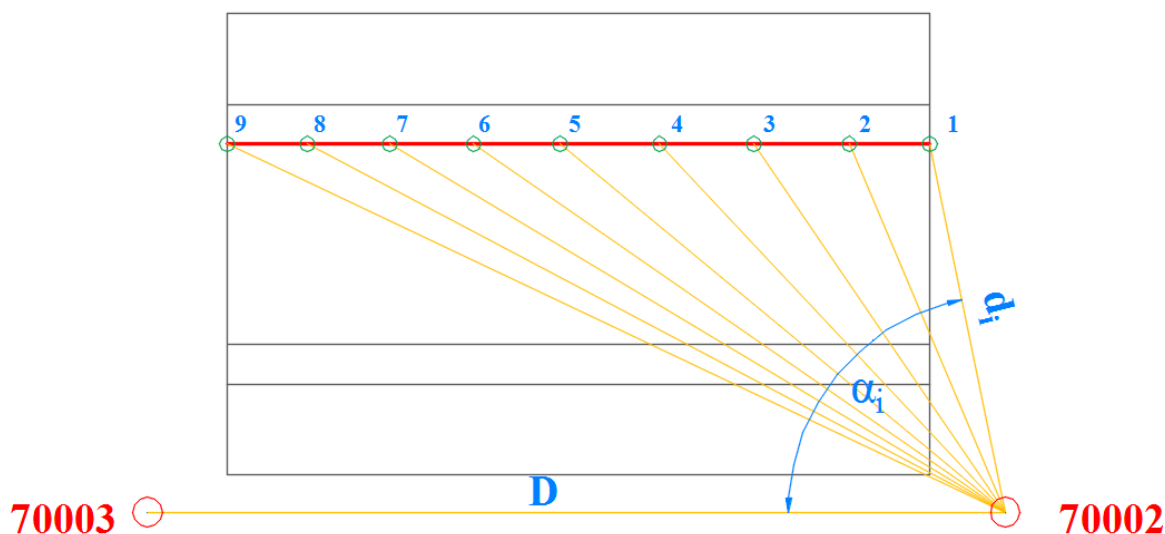
Na vsakem prečnem profilu sta se zakoličevali točki: C in H (Slika 25).



Slika 25: Prečni profil hodnika in robnega venca (vir Gravitas d.o.o.)

6 ANALIZA NATANČNOSTI ZAKOLIČEVANJA TOČK

Analizo natančnosti sem izračunal na primeru zakoličevanja opaža prekladne konstrukcije. Za stojišče sem uporabil geodetsko točko 70002 in orientacijo na geodetsko točko 70003, ti dve točki sta se tudi uporabljali pri samem zakoličevanju.



Slika 26: Skica zakoličbe opaža

Dani podatki iz projekta:

Točka	α_i [°]	d_i [m]
1	87,0831	9,156
2	56,5836	9,919
3	35,7702	14,128
4	25,2525	19,308
5	19,2988	24,861
6	15,5455	30,582
7	12,9808	36,394
8	11,1247	42,257
9	9,7236	48,154

Preglednica 4: Podatki za izračun

Pri analizi natančnosti polarne metode zakoličevanja nastopa več faktorjev, kateri vplivajo na končno oceno natančnosti.

Zakoličene točke so bile označene z žebljem premera 3 mm, stojiščni točki pa sta bili označeni s klinom. Podatki, ki so uporabljeni za izračun natančnosti po polarni metodi:

σ_d	1 mm + 1,5 ppm
σ_α	0,3 mgon
σ_e	3 mm
σ_{ozn}	3 mm
ρ	63,662 mgon
D	96,867 m

Preglednica 5: Podatki za izračun natančnosti

V enačbi za oceno natančnosti sta vključeni tudi natančnosti koordinat stojišča in navezovalne točke, vendar teh podatkov nisem imel na razpolago, zato sem privzel, da so koordinate stojišča in navezovalne smeri brez pogoška. Ocenitev natančnosti zakoličbe sem izračunal za več točk (Slika 26).

Vpliv pogoška centriranja instrumenta računamo po naslednji enačbi:

$$\sigma_{ci} = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \sigma_e \quad (15)$$

Točka	σ_{ci} [mm]
1	4,1
2	2,8
3	1,8
4	1,3
5	1,0
6	0,8
7	0,7
8	0,6
9	0,5

Preglednica 6: Izračunan vpliv pogoška centriranja instrumenta

Vpliv pogreška signaliziranja računamo po naslednji enačbi:

$$\sigma_{si} = \sigma_e \frac{d_i}{D\sqrt{2}} \quad (16)$$

Točka	σ_{si} [mm]
1	0,2
2	0,2
3	0,3
4	0,4
5	0,5
6	0,7
7	0,8
8	0,9
9	1,1

Preglednica 7: Izračunan vpliv pogreška signaliziranja

Natančnost merjenja dolžin računamo po naslednji enačbi:

$$\sigma_{di} = \sqrt{\sigma_{mm}^2 + (\sigma_{ppm} \cdot d_{i[km]})^2} \quad (17)$$

Razlika med poševno in horizontalno dolžino je bila od 1 cm do 2 cm, zato sem računal natančnost merjenja dolžin za horizontalno dolžino.

Točka	σ_{di} [mm]
1	1,0
2	1,0
3	1,0
4	1,0
5	1,0
6	1,0
7	1,0
8	1,0
9	1,0

Preglednica 8: Izračunane vrednosti natančnosti merjenja dolžin

Za vpliv pogreška viziranja sem uporabil vrednost $\sigma_v = 0,3 \text{ mgon}$.

Natančnost zakoličevanja ocenimo za vzdolžno in prečno komponento, glede na smer zakoličevanja:

$$\sigma_{vzd} = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}^2}{2} + \sigma_{di}^2 + \frac{\sigma_{ozn}^2}{2}} \quad (18)$$

$$\sigma_{pre} = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}^2}{2} + \sigma_{si}^2 + \left(\frac{d_i \sigma_v}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{d_i \sigma_\alpha}{\rho}\right)^2 + \frac{\sigma_{ozn}^2}{2}} \quad (19)$$

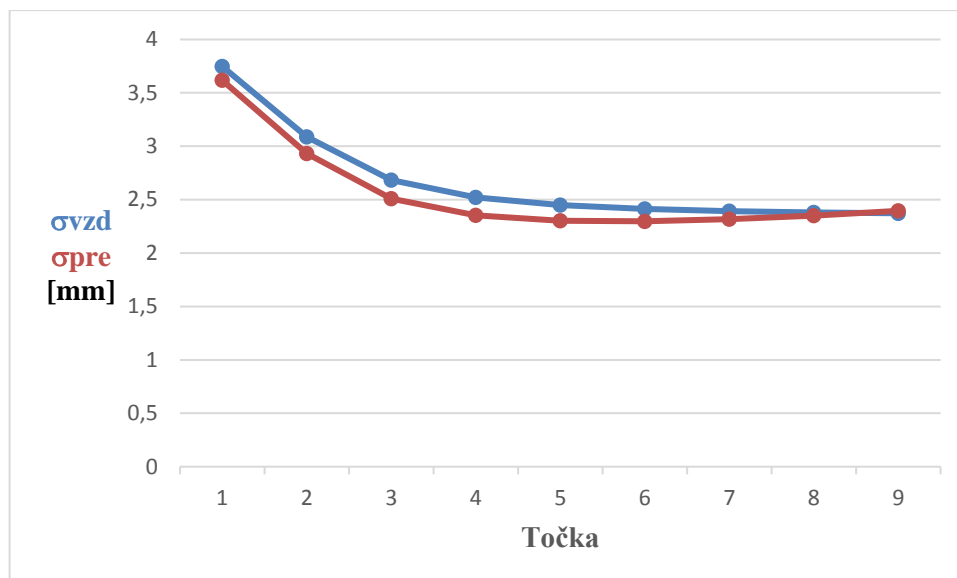
Natančnost zakoličevanja položaja računamo po naslednji enačbi:

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{vzd}^2 + \sigma_{pre}^2} \quad (20)$$

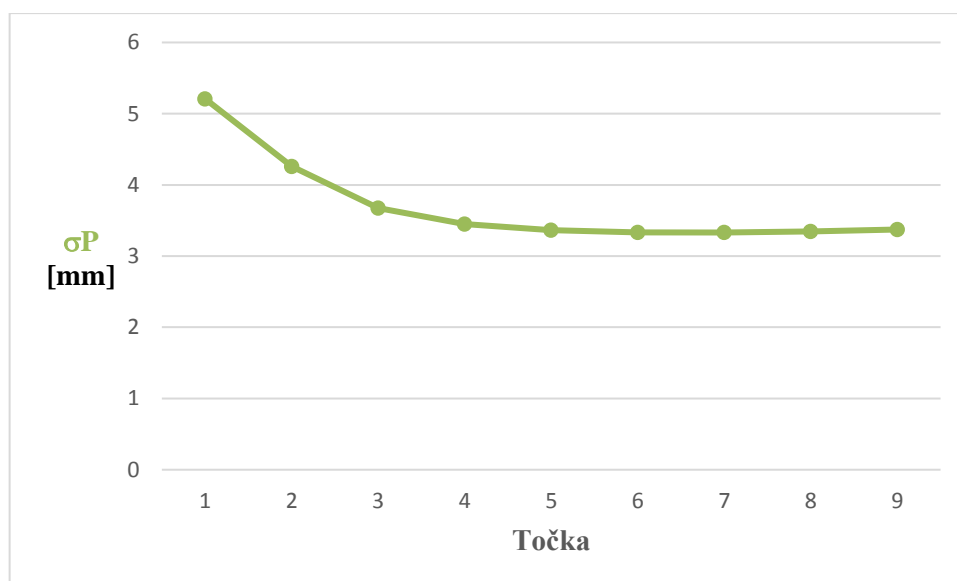
Točka	σ_{vzd} [mm]	σ_{pre} [mm]	σ_P [mm]
1	3,8	3,6	5,2
2	3,1	2,9	4,2
3	2,7	2,5	3,7
4	2,5	2,4	3,5
5	2,5	2,3	3,4
6	2,4	2,3	3,3
7	2,4	2,3	3,3
8	2,4	2,4	3,4
9	2,4	2,4	3,4

Preglednica 9: Ocena natančnosti zakoličevanja točk

Grafični prikaz položajne natančnosti:



Graf 1: Ocena natančnosti v vzdolžni in prečni smeri



Graf 2: Ocena natančnosti zakoličevanja točke

Iz rezultatov in grafičnih prikazov vidimo, da ima večji vpliv na položajno natančnost vzdolžna komponenta kot pa prečna. Pogrešek označevanja ima največji vpliv na položajno oceno natančnosti. Geodetsko mrežo smo imeli razvito v bližini zakoličbenih točk, zato so bile zakoličevane dolžine kratke. Zakoličevanje smo izvedli s preciznim tahimetrom (Preglednica 1), zato je natančnost zakoličevanja horizontalnega kota in dolžine visoka.

7 ZAKLJUČEK

Modernizacija železniške proge je bila ena od prednostnih nalog pri vzpostavitvi konkurenčne železniške povezave z vzhodno Evropo. Sanacija železniške proge je povezana z gradnjo novih objektov, kateri bodo zagotavljali povečano zmogljivost proge. V diplomski nalogi sem si prizadeval navesti vsa geodetska dela, ki so se izvajala na nadvozu Lipovci. Pri geodetskih delih, ki so potekala v času gradnje sem tudi sam sodeloval.

Geodetsko mrežo za zakoličevanje smo razvili iz že obstoječe geodetske mreže, katero uporablja železnica. Obstoječo geodetsko mrežo smo uporabili za izdelavo geodetskega načrta, ki predstavlja bistveno sestavino za izdelavo projektne dokumentacije ter tudi med gradnjo objekta.

Pri gradnji premostitvenih objektov, ki spadajo v kategorijo zahtevnih objektov, je pomemben izbor instrumentarija in metode zakoličevanja s katero dosežemo zahtevano natančnost. Pri zakoličevanju prekladne konstrukcije nismo zakoličevali točk kot po navadi na terenu, ampak smo nastavljali opazne elemente s pomočjo mini prizme. Nastavljanje opaznih elementov je zahtevno in dolgotrajno geodetsko zakoličevanje, ki zahteva delo na višini, ker so stojiščna mesta na vrhu osem metrskih stebrov.

V diplomski nalogi je bila tudi reprezentirana analiza natančnosti zakoličevanja točk. Natančnost zakoličevanja ocenimo za prečno in vzdolžno komponento, glede na smer zakoličevanja. Rezultati izračuna kažejo, da je imela natančnost označevanja zakoličenih detajlnih točk največji vpliv na končno oceno natančnosti zakoličevanja točk.

Pri večjih gradbenih projektih je dobro poznati tudi terminološko izrazoslovje in posamezna dela iz gradbeništva, da se lažje sporazumevamo na gradbišču. Ker so geodetska dela potekala v območju železniške proge, smo opravili tudi tečaj varnosti za gibanje v bližini železniške proge.

VIRI

Breznikar, A. 2002/2003. Geodezija v inženirstvu 1. Zapiski s predavanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Breznikar, A. Koler, B. 2009. Inženirska geodezija. Gradivo za strokovne izpite. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije. Matična sekcija geodetov: 5, 6, 15, 16, 21 str.

Direkcija RS za infrastrukturo. 2015.

<http://www.krajsamorazdalje.si/pragersko-hodos> (Pridobljeno 23. 5. 2016.)

Doka Slovenija opažna tehnologija d.o.o. 2012.

http://www.doka.com/ext/downloads/downloadcenter/999805023_2012_06_online.pdf (Pridobljeno 29. 5. 2016.)

Geoinvest d.o.o. 2016.

<http://www.geoinvest.si/pilotiranje-benoto-tehnologija/> (Pridobljeno 27. 5. 2016.)

Klobučar, A. 2012. Gravitass d.o.o.

Tehnični opis k projektu za izvedbo objekta nadvoz Lipovci.

Koler, B. 2015/2016. Geodezija v inženirstvu 1. Zapiski s predavanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Pravilnik o geodetskem načrtu. Uradni list RS, št. 40/2004.

http://www.uradni-list.si/_pdf/2004/Ur/u2004040.pdf#!/u2004040-pdf (Pridobljeno 25. 5. 2016.)