

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:

Rojc, J., 2014. Geodetska dela pri rekonstrukciji ceste. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B.): 24 str.

Datum arhiviranja: 13-10-2014

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:

Rojc, J., 2014. Geodetska dela pri rekonstrukciji ceste. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B.): 24 pp.

Archiving Date: 13-10-2014

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 PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA**

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 80/GIG

Graduation thesis No.: 80/GIG

Mentor:

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Ljubljana, 25. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani študent **JERNEJ ROJC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»GEODETSKA DELA PRI REKONSTRUKCIJI CESTE«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 25. 9. 2014

Jernej Rojc

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	528:625.7/.8(043.2)
Avtor:	Jernej Rojc
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Naslov:	Geodetska dela pri rekonstrukciji ceste
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	24 str., 1 pregl., 12 sl., 19 en.
Ključne besede:	zakoličba, rekonstrukcija, cesta, geodetska dela, izračun prostornin

Izveček

Diplomsko delo zajema opis geodetskih del, ki se izvajajo pri izgradnji oziroma rekonstrukciji objekta. Delo se nanaša na rekonstrukcijo ceste JP 562130 v občini Divača. Začetek naloge predstavlja potek geodetskih del v splošnem, v nadaljevanju pa predstavitev dejanskih del, ki so potekala pri gradnji ceste. Prečni profili služijo za projektiranje ceste, v nadaljevanju pa z njimi določimo potek nove, projektirane ceste. Postopek, s katerim prenesemo točke s projekta v naravo, imenujemo zakoličba. Po izgradnji objekta je glavno delo geodeta izdelava geodetskega načrta obstoječega stanja ter izračun prostornin zemeljskih mas. Ker je delo geodeta v veliki meri povezano z gradbeništvom, je potrebno poznati tudi nekaj osnovnih podatkov o cestah.

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAPHIC DOCUMENTATION WITH SUMMARY

UDC: 528:625.7/.8(043.2)
Author: Jernej Rojc
Supervisor: Asist. Prof. Božo Koler, Ph.D.
Title: GEODETIC WORKS IN THE RECONSTRUCTION OF THE ROAD
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 24 p., 1 tab., 12 fig., 19 eq.
Keywords: stake-out, reconstruction, road, geodetic works, calculation of volumes

Abstract

The main topic of this bachelor thesis is a description of geodetic works on the construction or on the reconstruction of the facility. The thesis is focused on the reconstruction of the road JP562130 in the municipality of Divača. The first part includes the description of different types of geodetic works, after that there is a presentation of actual geodetic works that have been done in the road construction. Cross sections are used to design and to set out the course of the new road. When the construction work is completed, the surveyor has to make the geodetic plan of the existing situation and has to calculate the volume of earth masses. Since the surveyor's work is associated with construction, it is necessary to know some basic information about roads in general.

Ta stran je namenoma prazna.

ZAHVALA

Zahvalil bi se mentorju doc. dr. Božu Kolerju za strokovno pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi geodetu pri podjetju CPK, d. d, Romanu Dudine, ki mi je s strokovnimi napotki pomagal pri izdelavi diplomske naloge in pri praktičnem usposabljanju. Zahvala gre tudi mojim staršem, ki so me v času študija spodbujali in podpirali.

Hvala!

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	FAZE GEODETSKIH DEL PRI REKONSTRUKCIJI CESTE	2
2.1	Predhodna geodetska dela	2
2.2	Geodetska dela med gradnjo objekta	2
2.3	Po izgradnji objekta	2
3	GEOMETRIJSKI ELEMENTI TRASE	3
3.1	Trasa ceste	3
3.2	Elementi osi ceste v tlorisu	3
3.2.1	Prema	3
3.2.2	Krožni lok	4
3.2.3	Prehodnica	4
3.3	Elementi osi ceste v vzdolžnem profilu	5
3.4	Prečni nagib vozišča	5
4	INSTRUMENTARIJ	6
4.1	Tehnični podatki za tahimeter Nikon DTM – 821	6
4.2	Tehnični podatki za nivelir Leica Sprinter 200	7
5	IZDELAVA GEODETSKIH NAČRTOV	8
5.1	Geodetski načrt	8
5.2	Tehnični podatki nove ceste	9
6	ZAKOLIČBA CESTE	11
6.1	Gradbena in merska natančnost	11
6.2	Metode zakoličevanja	12
6.3	Polarna metoda zakoličevanja točk	13
6.3.1	Klasična polarna zakoličba	13
6.3.2	Zakoličba s sodobnimi tahimetri	14
6.4	Ocena natančnosti zakoličbe s polarno metodo	15

6.5	Višinska zakoličba.....	16
7	DELA PO IZGRADNJI.....	18
7.1	Geodetski posnetek izvedenega stanja	18
7.2	Izračun prostornin linijskega objekta	18
7.2.1	Izračun površin prečnih profilov	19
7.2.2	Izračun prostornin iz površin prečnih profilov	19
8	ZAKLJUČEK.....	22
VIRI.....		23

KAZALO SLIK

Slika 1: Tlorisni elementi osi (foto: Rojc).....	3
Slika 2: Krožni lok z dvema prehodnicama (foto: Rojc).....	4
Slika 3: Nikon DTM-821 (foto: Nikon Geotecs).....	6
Slika 4: Nivelir Leica Sprinter 200 (foto: Leica Geosystems)	7
Slika 5: Pregledna situacija (foto: Krasinvest)	8
Slika 6: Karakteristični profil (foto: Krasinvest).....	10
Slika 7: Polarno zakoličevanje (Breznikar, Koler, 2009, str. 17).....	13
Slika 8: Grafični prikaz pogreškov (foto: Rojc)	15
Slika 9: Niveliranje iz sredine (Berdajs, Ulbl. 2010, str. 50).....	17
Slika 10: Podatki za zakoličbo (foto: Krasinvest)	17
Slika 11: Posnetek izvedenega stanja (foto: Dudine)	18
Slika 12: Prečni profil (foto: Dudine).....	19

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sestava voziščne konstrukcije	9
--	---

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Namen diplomske naloge je predstavitev geodetskih del, ki so se izvajala pri rekonstrukciji lokalne ceste JP 562130 v bližini naselja Gornje Ležeče, v občini Divača. V času, ko so se izvajala gradbena dela – avgusta in septembra 2013 – sem tudi sam sodeloval pri geodetskih delih.

Gradnja cestne infrastrukture zahteva prisotnost geodeta pred, med in po izgradnji objekta. Za potrebe planiranja in projektiranja je treba zagotoviti ustrezne geodetske podlage in hkrati predvideti tudi vsa geodetska dela, ki jih bo potrebno opraviti v sklopu projekta. V procesu izgradnje določenega objekta je nujno sodelovanje med vsemi udeleženi strokami. Terminski načrt celotne izgradnje mora biti usklajen s terminskim planom izvajanja geodetskih del in s terminskimi plani ostalih izvajalcev.

V fazi izgradnje objekta je geodet odgovoren za zakoličbo projektiranih del v prostor, izvedbo predvidenih kontrolnih meritev in snemanje komunalnih vodov za potrebe izdelave katastra gospodarske javne infrastrukture. Čeprav se na gradbišču večkrat pojavijo težki pogoji za izvedbo meritev, se je potrebno držati dogovorjenih rokov za izvedbo meritev in zadostiti predvidenim zahtevam po natančnosti.

Po zaključku zadnjih gradbenih del mora geodet posneti obstoječe stanje. Na podlagi posnetkov se izdelata geodetski načrt za vpis objekta v uradne evidence. Za določene objekte je treba opraviti še dodatne kontrolne meritve ter ugotoviti skladnost s projektno dokumentacijo ali premike objekta v prostoru in deformacije objekta.

2 FAZE GEODETSKIH DEL PRI REKONSTRUKCIJI CESTE

2.1 Predhodna geodetska dela

Naloga geodeta je vzpostavitev položajne in višinske geodetske mreže za izvajanje geodetskih del. Geodetski mreži lahko uporabimo kot osnovo za izdelavo geodetskega načrta, za zakoličevanje detajlnih točk objekta in gospodarske javne infrastrukture ter za izvedbo kontrolnih meritev po izgradnji objekta. Pri projektiranju in stabilizaciji mrež je treba upoštevati konfiguracijo terena ter namen uporabe geodetske mreže. Pri omenjeni fazi geodetskih del nisem sodeloval, saj so se dela izvajala že leta 2011.

Na osnovi projektne dokumentacije, ki jo izdela projektant, geodet izdela Elaborat za zakoličevanje detajlnih točk objekta. Elaborat vsebuje vse podatke o položajni in višinski mreži, koordinate posameznih detajlnih točk v ustreznem koordinatnem sistemu in zakoličbene elemente z oceno natančnosti zakoličevanja posamezne detajlne točke. Kot sem že v uvodu omenil, je potrebno slediti terminskemu planu izvajanja geodetskih del oziroma načrtu geodetskih del, kjer je predviden čas, ki ga potrebujemo za izvajanje geodetskih del. Na osnovi pripravljenega Elaborata za zakoličevanje se na terenu izvede zakoličba detajlnih točk objektov in gospodarske javne infrastrukture. Po opravljeni zakoličbi se izdela Zapisnik o zakoličbi objekta (Breznikar, Koler, 2009).

2.2 Geodetska dela med gradnjo objekta

Na podlagi pravnomočnega gradbenega dovoljenja se gradnja lahko začne. Med izvajanjem gradbenih del je naloga geodeta zakoličevanje posameznih točk objekta in zakoličba gospodarske javne infrastrukture (GJI). Pomembne so kontrolne meritve, s katerimi ugotavljamo skladnost izvedenih del s projektno dokumentacijo in spremljanje premikov in deformacij na objektu (Breznikar, Koler, 2009).

2.3 Po izgradnji objekta

Za pridobitev uporabnega dovoljenja je treba pripraviti tehnično dokumentacijo, ki vsebuje projekt izvedenih del (PID), projekt za vzdrževanje in obratovanje objekta ter projekt za vpis v uradne evidence. Ob tem se za potrebe investitorja izdela Geodetski elaborat novega stanja, v katerem so zbrani vsi podatki o stabilizirani geodetski mreži, podatki o izmeri in izravnavi geodetske mreže. Namen kontrolnih meritev je ugotoviti skladnost objekta s projektno dokumentacijo, preveriti kvaliteto izvedenih del na objektu, določiti premike objekta v prostoru in določiti deformacije, ki se lahko pojavijo na posameznih objektih. Geodetska dela se pri gradnji objektov razlikujejo v odvisnost od velikosti in pomembnosti grajenega objekta (Breznikar, Koler, 2009).

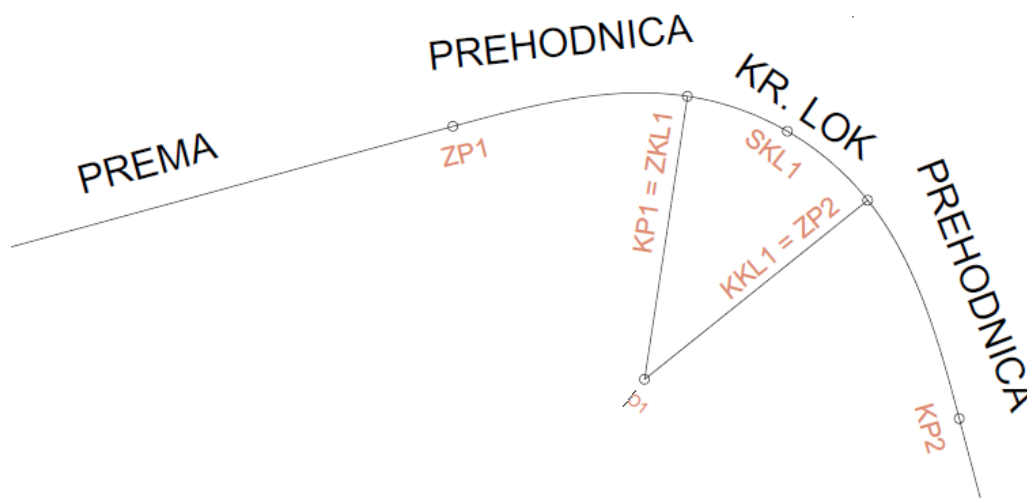
3 GEOMETRIJSKI ELEMENTI TRASE

3.1 Trasa ceste

Trasa ceste je načrtno speljana pot z geometrijskimi elementi, ki odgovarja dinamiki gibanja vozila in je matematično definirana. Pomembna pogoja pri načrtovanju trase sta tudi enostavna povezljivost med elementi trase in gospodarna gradnja. Geometrijske elemente trase se določi na podlagi namena rabe ceste, količino in vrsto prometa, karakteristike terena ter družbenega in gospodarskega pomena ceste. Trasa ceste je določena z elementi osi ceste v tlorisu in niveleto ter dimenzijo prečnega profila cestišča, ki je določena s predpisi za projektiranje cest (Berčič T., 2006).

3.2 Elementi osi ceste v tlorisu

Horizontalni oziroma tlorisni elementi osi ceste so prema, krožni lok in prehodnica. Slika 1 prikazuje tlorisne elemente osi ter povezavo med njimi.



Slika 1: Tlorisni elementi osi (foto: Rojc)

3.2.1 Prema

Prema je raven del osi ceste, določena s smerjo in dolžino. Prema se običajno uporablja kot element med dvema istosmernima ali dvema nasprotnosmernima krožnima lokoma. Uporaba preme je sprejemljiva pri posebnih topografskih pogojih, v mestih in drugih urbanih naseljih, pri vzporednem poteku z vodotokom ali železniško progo ter zaradi posebnih prometnotehničnih razlogov (TSC 03.300, 2003).

3.2.2 Krožni lok

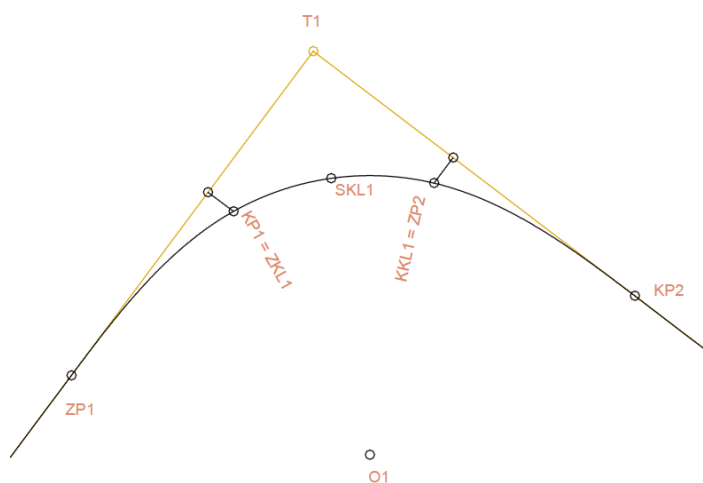
Krožni lok je osnovni geometrijski element osi ceste, ki omogoča prilagajanje trase ceste voznodinamičnim potrebam in razgibanosti površine terena. Minimalni polmer krožne krivine je določen za projektno hitrost s prečnim nagibom vozišča s pravilnikom o projektiranju cest (Pravilnik o projektiranju cest, 2005).

Gre za najenostavnejši geometrijski element, s katerim izvedemo spremembo smeri ceste. Pri projektiranju je potrebno izbrati krožne loke tako, da se v največji možni meri vključujejo v naravni prostor in omogočajo skladno kreiranje nivelete ceste ter medsebojno skladnost sosednjih krožnih lokov (TSC 03.300, 2003).

3.2.3 Prehodnica

Prehodnica je trasni element, ki zagotavlja zvezno povezovanje preme s krožnim lokom, povezovanje dveh krožnih lokov med seboj ter optično in estetsko izvedbo trasiranja. Pri projektiranju cest se uporablja matematično krivuljo klotoida. Klotoida zagotavlja popolno istoležnost tangent na stičnih točkah krožnih lokov ali prem, postopno premosorazmerno spreminjanje zakrivljenosti cestne osi med lokoma, postopno premosorazmerno spremembo bočnega pospeška, dolžino za izvedbo spremembe prečnega nagiba med dvema lokoma (vijačenje) ter estetski izgled linij robov vozišča. Na Sliki 2 je predstavljena krivina sestavljena iz krožnega loka in prehodnic (TSC 03.300, 2003).

Uporaba prehodnice je obvezna na vseh vrstah cest, kjer je projektna hitrost večja od 50 km/h (Pravilnik o projektiranju cest, 2005).



Slika 2: Krožni lok z dvema prehodnicama (foto: Roje)

3.3 Elementi osi ceste v vzdolžnem profilu

Traso ceste v vzdolžnem profilu prikazujemo z niveleto. Niveleta je prostorska krivulja, ki predstavlja višinski potek osi ali robov vozišča. Oblikuje se s tangentami in vertikalnimi zaokrožitvami. Za posamezno vrsto ceste in vrsto terena so mejne vrednosti nagiba nivelete določene s pravilnikom o projektiranju cest (Pravilnik o projektiranju cest, 2005).

Pri izvedbi vertikalne zaokrožitve loma tangent osi ceste se običajno uporabi krožni lok, v nekaterih primerih tudi druge geometrijske funkcije. Minimalni polmer krožnega loka je predpisan za določeno projektno hitrost in k tej določeno dolžino zaustavne pregledne razdalje. Ločimo konveksne in konkavne zaokrožitve (TSC 03.300, 2003).

3.4 Prečni nagib vozišča

Prečni nagib vozišča (q) zmanjšuje bočni sunek v krivini ter omogoča prečno odvodnjavanje površinske vode z vozišča. Pri krožnih lokih je zaradi voznodinamičnih razlogov vozišče nagnjeno proti središču krožnega loka. Za odvodnjavanje površinske vode je določen minimalni prečni nagib. Prečni nagib je lahko manjši le v območju med nasprotnosmernima krožnima lokoma (vijačenje) ter v območju križišč (TSC 03.300, 2003).

4 INSTRUMENTARIJ

4.1 Tehnični podatki za tahimeter Nikon DTM – 821

Za izvedbo položajne izmere in zakoličbe smo uporabljali tahimeter Nikon DTM – 821 (Slika 3), stativ, prizmo s togim grezilom in merski trak. V nadaljevanju so predstavljeni tehnični podatki za tahimeter (Nikon Geotecs):

Daljnogled:

- Povečava daljnogleda: 3x
- Slika: ravna
- Minimalni doseg: 1,3 m
- Širina pogleda: 2,3 m / 100 m

Natančnost merjenja kotov po DIN18723: 3" (1 mgon)

Kompenzator:

- Delovno območje: 3'
- Natančnost: 1"

Merilno območje v dobrih vremenskih pogojih:

- Odbojni trak: 5 – 100 m
- Mini prizma: 1100 m
- Prizma: 2000 m

Merjenje dolžin:

- Natančnost: 2 mm + 2 ppm
- Čas meritve: 1,2 sek.

Občutljivost libel:

- Cevna libela: 30"/2 mm
- Dozna libela: 10"/2 mm

Masa instrumenta: 5,6 kg



Slika 3: Nikon DTM-821 (foto: Nikon Geotecs)

4.2 Tehnični podatki za nivelir Leica Sprinter 200

Vertikalno zakoličbo detajlnih točk smo izvedli z nivelirjem Leica Sprinter 200 (Slika 4). Poleg nivelirja smo uporabili še teleskopsko aluminijasto lato dolžine 5 metrov ter žabo na izmeniščih. V nadaljevanju so zapisani podatki o nivelirju (Leica Geosystems):

Daljnogled:

- Povečava: 24x
- Multiplikacijska konstanta: 100

Natančnost z uporabo optične meritve (numerična alu lata):

- Standardna deviacija za 1 km dvojnega nivelmana (ISO 17123-2): 2,5 mm
- Natančnost posamezne meritve na 30 m: 1,2 mm

Merjenje:

- Doseg elektronskih meritev: 2 m – 80 m (od 0,5 m – optično)
- Čas meritve: < 3 sek

Dozna libela: 10/2 mm

Kompenzator:

- Delovno območje: 10'
- Natančnost: 0,8"

Teža instrumenta: 2,55 kg

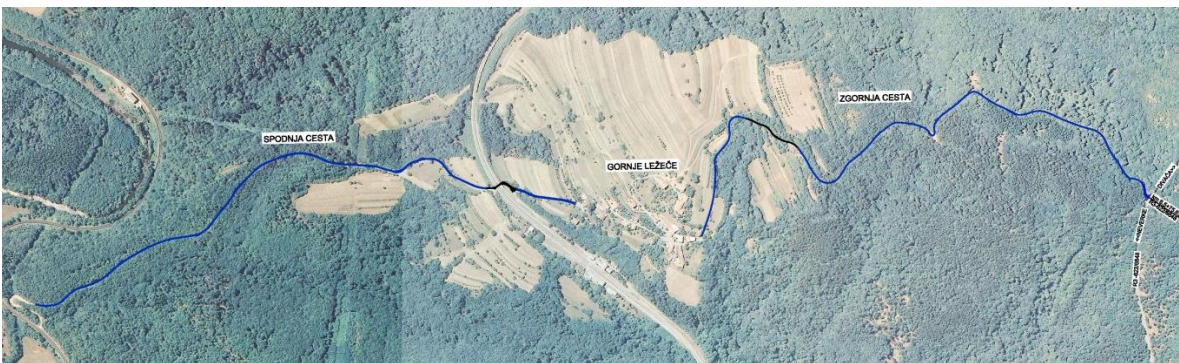


Slika 4: Nivelir Leica Sprinter 200 (foto: Leica Geosystems)

5 IZDELAVA GEODETSKIH NAČRTOV

Vsa predhodna terenska dela in geodetski načrt obstoječega stanja za namene projektiranja je opravilo podjetje Krasinvest. To podjetje je izdelalo tudi projekt, ki je v osnovi sestavljen iz dveh delov, in sicer:

- ureditev zgornje makadamske ceste, ki je služila kot obvoz in
- rekonstrukcija spodnje asfaltne ceste z namenom izboljšanja voznih lastnosti in odvodnjavanja ceste.



Slika 5: Pregledna situacija (foto: Krasinvest)

5.1 Geodetski načrt

Namen geodetskega načrta je prikaz fizičnih struktur in pojavov na zemeljskem površju, nad in pod njim v pomanjšanem merilu in z uporabo kartografskih pravil. Za izdelavo topografskega oziroma geodetskega načrta se na terenu izvede geodetska detajlna izmera. Na terenu se posname niz detajlnih točk in se jih evidentira na skici. V pisarni se zajete točke obdela in izdela načrt. V merskem smislu je detajlna izmera enostavna, bolj zahteven del izmere pa je pravilna izbira detajlnih točk (Kuhar M., 2010).

Vsebino geodetskega načrta za pripravo projektne dokumentacije za graditev določa pravilnik o geodetskem načrtu. Tak geodetski načrt mora vsebovati najmanj podatke o reliefu, vodah, stavbah, gradbenih inženirskih objektih, rabi zemljišč, rastlinstvu in podatke o zemljiških parcelah. Določeno je tudi območje od skrajnih robov predvidenega oziroma obstoječega objekta, merilo in natančnost (Pravilnik o geodetskem načrtu, 2004).

Za linijske objekte, kot so ceste in železnice, se običajno snema prečne profile. Razdaljo med profili se določi tako, da lahko na načrtu pokažemo pravilni potek objekta. Obliko krivine se določi z zajemom

vsaj treh profilov, in sicer na začetku, sredini in na koncu krivine. Profile se posname tudi za vse vertikalne lome trase ceste. Za prikaz poteka ceste se snema robova cestišča in bankine, odtočne jarke, propuste, zidove, drevesa in ostale detajle v bližini, ki lahko vplivajo na nadaljnje projektiranje ceste. Vse objekte na skici je treba oštevilčiti in jih označiti z dogovorjenimi kartografskimi znaki.

Geodetski načrt obstoječega stanja je podlaga za izdelavo projektne dokumentacije. Projektna dokumentacija se razvršča na naslednje projekte (Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008):

- idejno zasnovo (IDZ),
- idejni projekt (IDP),
- projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD),
- projekt za razpis (PZR) in
- projekt za izvedbo (PZI).

5.2 Tehnični podatki nove ceste

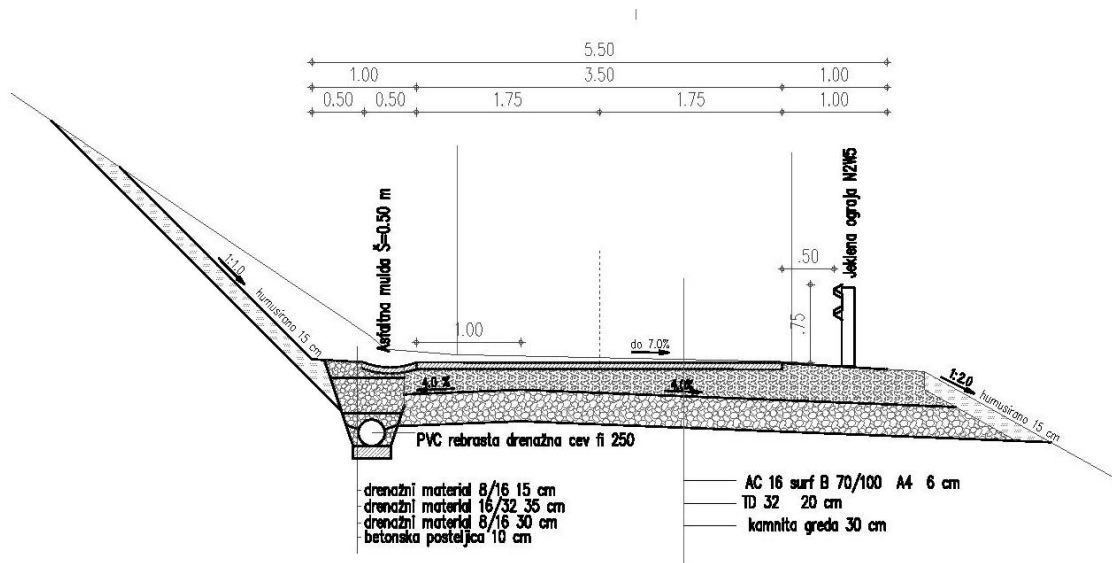
V nadaljevanju naloge bo predstavljena samo rekonstrukcija spodnje ceste, saj se ureditev zgornje ceste ni izvajala. Normalni profil nove ceste od regionalne ceste R2-405, odsek 1022 Famlje – Ribnica do naselja Gornje Ležeče znaša (Krasinvest, 2011):

- vozni pas: 1 x 3,50m
- bankina oziroma mulda: 2 x 0,50m oziroma 1m na mestu postavitve jeklene ograje

Voziščno konstrukcijo sestavlja vezana nosilna obrabno-zaporna plast VOZP ter nevezana nosilna plast NNP. Preglednica 1 prikazuje vrste vgrajenih zmesi in predvidene debeline plasti, na Sliki 6 pa je prikazan karakteristični prerez ureditve ceste z muldo, ograjo, drenažnimi cevmi in brežinami.

Preglednica 1: Sestava voziščne konstrukcije

	vrsta zmesi	debelina
VOZP	AC 16 surf 70/100, A4	6 cm
NNP	tamponski drobljenec TD 32	20 cm
	kamnita greda	30 cm
	skupaj	56 cm



Slika 6: Karakteristični profil (foto: Krasinvest)

6 ZAKOLIČBA CESTE

Zakoličbo objekta izvedemo s prenosom karakterističnih točk, ki definirajo obliko in dimenzije objekta, iz projekta v naravo. To pomeni, da se označi in stabilizira niz točk z določeno točnostjo. Ta postopek, ki je ravno obraten postopku izmere terena, sodi med pomembnejše postopke inženirske geodezije.

Postopek zakoličevanja sestavljajo naslednje mersko-tehnične naloge (Breznikar, Koler, 2009):

- izračun ustreznih zakoličbenih elementov,
- kontrola podlag za zakoličevanje,
- izbor metode zakoličevanja vključno z izborom instrumentarija ob upoštevanju zahtevane natančnosti naročnika,
- kontrola navezovalnih točk geodetske mreže iz katerih izvajamo zakoličevanje,
- zakoličba in označevanje točk,
- zavarovalne meritve,
- neodvisna kontrola vseh zakoličenih in označenih točk,
- predaja horizontalno in višinsko zakoličenih točk skupaj z zakoličbenimi podlagami izvajalcu gradbenih del.

Za izračun zakoličbenih elementov je treba definirati koordinatni sistem, v katerem se bo zakoličba izvedla. Najbolj enostavno je, da se celoten projekt izvaja iz iste geodetske mreže, od geodetskih načrtov, ki so podlaga za izdelavo projektne dokumentacije, pa do zaključka gradnje. V primeru, da so uporabljene različne geodetske mreže, je potrebno le te uskladiti.

6.1 Gradbena in merska natančnost

Večino geodetskih del v gradbeništvu predstavlja zakoličevanje točk in kontrola meritev. Dovoljeno odstopanje je lahko določeno s tehničnim predpisom, s standardom, s projektantom ali z dogovorom. Za objekte večjih dimenzij je zelo pomembno razmerje med gradbeno in mersko natančnostjo, saj je od tega odvisen izbor metode merjenja in instrumentarija. Pri takih projektih je pomembno, da se meritve izvedejo z zahtevano natančnostjo, in ne z najvišjo, ki jo lahko dosežemo (Breznikar, Koler, 2009).

Dovoljena natančnost Δ_{dov} je odvisna od gradbene Δ_{gra} in merske natančnosti Δ_{mer} :

$$\Delta_{dov} = \Delta(\Delta_{mer}, \Delta_{gra})$$

Dovoljena natančnost je podana z enačbo:

$$\Delta_{dov} = \sqrt{\Delta_{mer}^2 + \Delta_{gra}^2}$$

Za določitev merske natančnosti Δ_{mer} se pogosto uporablja takoimenovano zlato pravilo strojogradnje. To pravilo določa, da je razmerje med mersko in dovoljeno natančnostjo 1:10.

$$\Delta_{mer} = 0,1 * \Delta_{dov}$$

6.2 Metode zakoličevanja

Podobno kot pri vseh geodetskih mrežah se tudi pri zakoličbi ločita horizontalna in višinska mreža oziroma zakoličevanje v horizontalni ravnini in zakoličevanje višin. Horizontalni položaj točk zakoličujemo na podlagi merjenja dolžin ali smeri oziroma kombinaciji obeh postopkov, medtem ko višine praviloma zakoličujemo z metodo geometričnega nivelmana.

Metode horizontalne zakoličbe ločimo na osnovne ter dopolnilne. Med osnovne metode uvrščamo (Breznikar, Koler, 2009):

- polarno metodo,
- ortogonalno metodo ter
- metodo preseka smeri.

Med dopolnilne oziroma izpeljane pa:

- linijsko zakoličbo,
- metodo ločnega preseka,
- metodo direktnega preseka linij,
- prosta izbira stojišča ter
- druge kombinirane metode.

Z razvojem elektronskih tahimetrov se je zelo uveljavila polarna metoda izmere, saj moderni tahimetri omogočajo izračun zakoličbenih elementov iz shranjenih koordinat točk v spominu tahimetra. Podobno lahko z metodo proste izbire stojišča izračunamo koordinate prostega stojišča.

6.3 Polarna metoda zakoličevanja točk

6.3.1 Klasična polarna zakoličba

Za klasičen način polarne zakoličbe je treba izračunati zakoličbene elemente projektiranih točk (smer α_i in dolžino d_i) glede na dani točki stojišča (A) in smernega priklepa (B). Iz razlik definitivnih smernih kotov izračunamo kot α_i po enačbi:

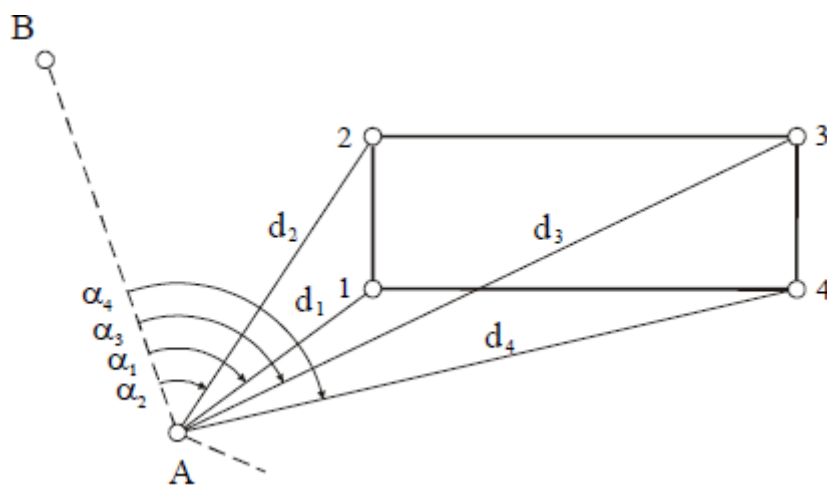
$$v_A^B = \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$v_A^{P_i} = \arctan \frac{y_{P_i} - y_A}{x_{P_i} - x_A}$$

$$\alpha_i = v_A^{P_i} - v_A^B$$

Dolžino d_i iz koordinat dane in projektirane točke P_i :

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_A)^2 + (y_i - y_A)^2}$$



Slika 7: Polarno zakoličevanje (Breznikar, Koler, 2009, str. 17)

Ta metoda je precej zamudna, saj je potrebno predhodno preračunati vse zakoličbene elemente. Zakoličbene elemente se za posamezno točko vnese v instrument in sproti zakoličuje, pri tem pa se pojavijo možnosti za napake.

6.3.2 Zakoličba s sodobnimi tahimetri

V praksi se za zakoličevanje prečnih profilov ceste uporablja sodobne tahimetre, ki omogočajo izračun koordinat prostega stojišča in izračun zakoličbenih elementov na podlagi shranjenih koordinat. Koordinate danih ter projektiranih točk prenesemo v digitalni obliki – iz projekta v pomnilnik tahimetra.

Metoda proste izbire stojišča omogoča določitev koordinat stojišča z merjenjem smeri in razdalj k najmanj dvema ali več navezovalnim (danim) točkam. Tak način je primeren na območjih, ki so razgibana in imajo malo točk z znanimi koordinatami. Pri postavitvi instrumenta se izognemo vplivu centriranja, saj instrumenta ni treba centrirati na točko z znanimi koordinatami. Instrument se pri zakoličevanju iz prostega stojišča postavi tam, kjer ga najbolj potrebujemo, pri tem pa pazimo tudi na geometrijo navezovalnih točk (Breznikar, Koler, 2009).

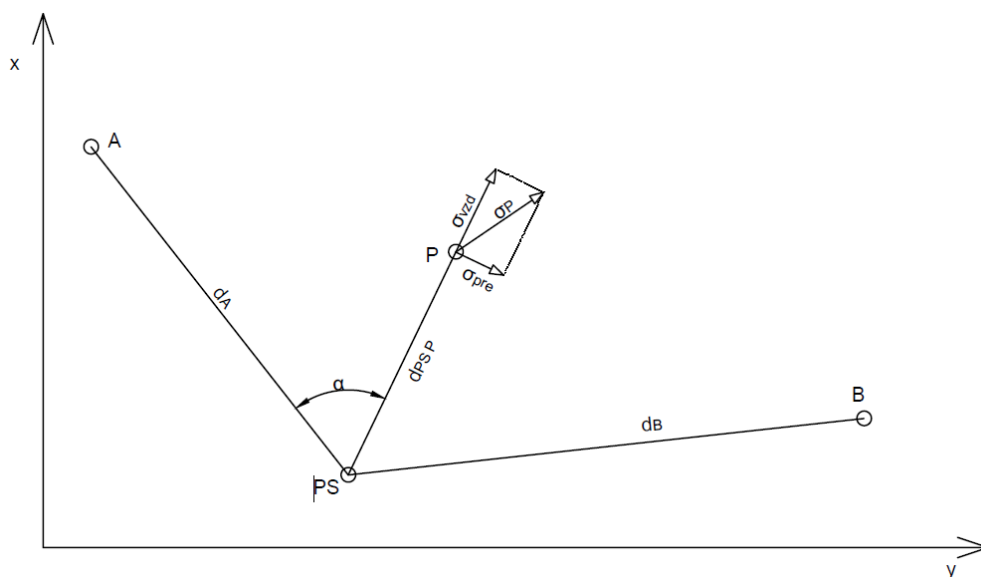
V primeru rekonstrukcije lokalne ceste se je zakoličevanje izvajalo s prostega stojišča. Na to odločitev je vplivala konfiguracija terena, po katerem je speljana trasa ceste. Gre namreč za precej strmo in gozdnato pobočje. Pred izvedbo zakoličbe je bilo treba poiskati poligonske točke, ki so jih uporabljali za izdelavo geodetskega načrta za potrebe projektiranja. Zaradi slabše natančnosti stabiliziranih točk, se je celotna zakoličba izvedla le iz dveh danih točk, ki sta bili najbolj določeni. V nadaljevanju se je zakoličilo os ceste z žebljem ter od osi ceste odmerilo in zabilo lesene količke. Običajno se količke postavi 1 meter od roba asfalta, lahko pa tudi na rob posega, če karakteristika terena to zahteva. Ko zabijemo količke, izmerimo višine količkov in opravimo izmero terena po profilih pred pričetkom gradbenih del. Na koncu izračunamo višino asfalta in jo označimo na količkih. Poleg višine označimo tudi številko profila in odmik od osi ceste oziroma odmik od roba asfalta.

Čeprav gre za precej dolgo linijo meritev, sta se končna profila nove in obstoječe ceste ujemale. Natančnost položajne zakoličbe za izvajanje gradbenih del je bila približno 2 cm. Slabša natančnost je posledica označevanja točk z lesenimi količki debeline 4 cm. Zakoličene točke smo tudi zavarovali.

Pri začetni zakoličbi se običajno zakoličuje samo položaj profilov ceste z ustrežno višino. Običajno je to višina asfalta. Začetke in konce krivin se zakoliči naknadno po potrebi. Prav tako se pri večjih izkopih in nasipih zakoliči naklonske količke, da lahko strojniki oblikujejo brežine v ustreznem oziroma projektiranem naklonu.

6.4 Ocena natančnosti zakoličbe s polarno metodo

V večini primerov smo za zakoličevanje točk na terenu uporabili polarno metodo zakoličevanja s prostega stojišča z navezavo na dve točki. Natančnost zakoličevanja z metodo proste izbire stojišča je odvisna od natančnosti določitve koordinat prostega stojišča in od natančnosti zakoličevanja polarnih zakoličbenih elementov. Glede pogreškov je najbolje, da se prosto stojišče nahaja v sredini med obema navezovalnima točkama.



Slika 8: Grafični prikaz pogreškov (foto: Rojc)

Ocena natančnosti določitve koordinat prostega stojišča:

- v koordinatni smeri x: $\sigma_{x_{PS}}^2 = \sigma_{d_A}^2 * \cos^2 \nu_A^{PS} + \frac{d_A^2 * \sigma_\alpha^2 * \sin^2 \nu_A^{PS}}{\rho^2}$
- v koordinatni smeri y: $\sigma_{y_{PS}}^2 = \sigma_{d_A}^2 * \sin^2 \nu_A^{PS} + \frac{d_A^2 * \sigma_\alpha^2 * \cos^2 \nu_A^{PS}}{\rho^2}$
- merjenja kota α : $\sigma_\alpha^2 = 2 * \sigma_r^2$
- koordinat prostega stojišča: $\sigma_{PS}^2 = \sigma_{x_{PS}}^2 + \sigma_{y_{PS}}^2$

Količine, ki nastopajo v enačbah so:

- ν_A^{PS} ... smerni kot iz točke A na prosto stojišče (PS),
- σ_α ... natančnost merjenja horizontalnih kotov,
- σ_r ... natančnost merjenja horizontalne smeri,
- d_A, d_B ... razdalja od prostega stojišča (PS) do orientacijske točke A ali B,
- σ_{d_A} ... natančnost merjenja dolžine d_A .

Natančnost zakoličenih točk po polarni metodi s prostega stojišča:

- v vzdolžni smeri:
$$\sigma_{vzd} = \sqrt{\sigma_{d_{PS P}}^2 + \frac{\sigma_{\theta Z}^2}{2} + \frac{\sigma_{sig}^2}{2}}$$
- v prečni smeri:
$$\sigma_{pre} = \sqrt{\left(\frac{d_{PS P} * \sigma_r * \sqrt{2}}{\rho}\right)^2 + \frac{\sigma_{\theta Z}^2}{2} + \frac{\sigma_{sig}^2}{2}}$$
- odstopanje zakoličene točke:
$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{vzd}^2 + \sigma_{pre}^2 + \sigma_{x_{PS}}^2 + \sigma_{y_{PS}}^2}$$

kjer je:

- $\sigma_{d_{PS P}}$... natančnost merjenja razdalje,
- $\sigma_{\theta Z}$... natančnost označevanja,
- σ_{sig} ... natančnost signaliziranja,
- $d_{PS P}$... razdalja med prostim stojiščem (PS) in zakoličeno točko P,
- σ_r ... natančnost merjenja smeri.

Iz enačb je razvidno, da natančnost merjenja razdalj, označevanje in signaliziranje točke neposredno vplivajo na položajno natančnost zakoličene točke. Vpliv natančnosti meritev kotov pa narašča sorazmerno z razdaljo. Natančnost v vzdolžni smeri je odvisna od natančnosti merjenja razdalje, natančnost v prečni smeri je odvisna od natančnosti zakoličevanja kota.

Pri zakoličbi trase ceste ali železnice so zahtevane natančnosti prečno k osi trase večje kot v smeri trase. Posebej pomembna je relativna položajna natančnost, ki predstavlja razdaljo med robovoma ceste ali med tračnicam.

6.5 Višinska zakoličba

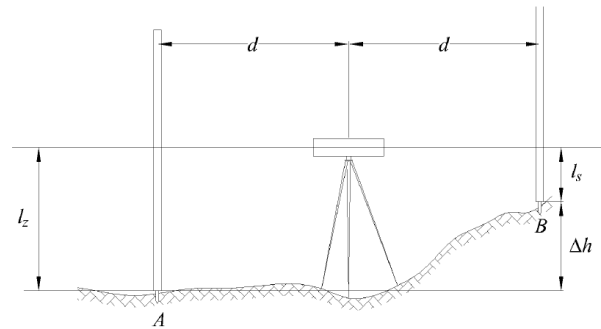
Za določitev višin smo uporabili metodo geometričnega nivelmana. Ta se veliko uporablja za precizno določitev višin oziroma višinskih razlik pri nalogah inženirske geodezije. Nivelir je geodetski instrument, ki zagotavlja horizontalno vizurno os in čitanje razdelbe na vertikalno postavljenih nivelmanskih laticah. Za natančnejše meritve se meritve izvaja iz sredine, saj se s tem eliminira pogrešek nagnjenosti vizurne osi (Berdajs, Ulbl, 2010).

Enačba za izračun višinske razlike med dvema točkama je:

$$\Delta h_A^B = l_z - l_s ,$$

kjer je:

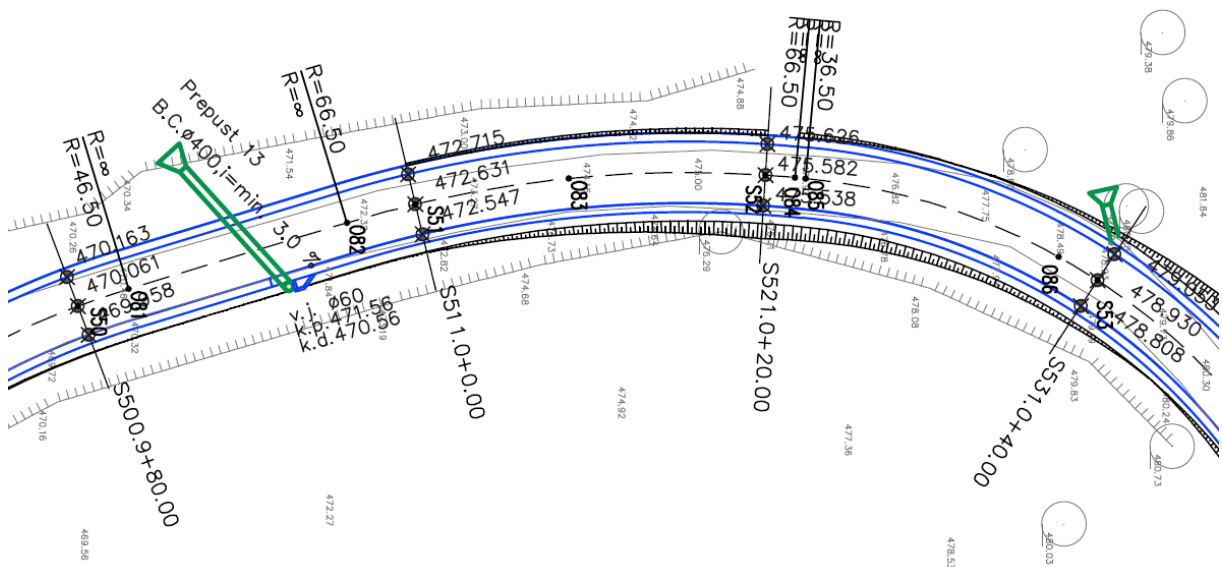
- Δh ... višinska razlika med točkama,
- l_z ... odčitek na lati zadaj,
- l_s ... odčitek na lati spredaj.



Slika 9: Niveliranje iz sredine (Berdajs, Ulbl, 2010, str. 50)

V primeru, da je oddaljenost med točkama velika, postopek opravimo postopno, z uporabo izmenišč.

Višinsko zakoličbo smo izvedli z nivelirjem Leica Sprinter 200 in aluminijasto lato dolžine 5 m. V bližini gradbišča ni bilo nobene točke z znano višino, zato smo meritve začeli izvajati na profilu S1. Profil S1 je predstavljal najnižji del nove ceste, kjer se ta priključi na že obstoječo cesto. Natančnost, ki jo navaja proizvajalec za nivelir ob uporabi aluminijaste late, je 2,5 mm, ta natančnost pa zadošča za izvedbo geodetskih del, ki se izvajajo pri izgradnji ceste. Pri niveliranju smo bili pozorni na razdaljo med instrumentom in lato, saj ta ni smela presežati razdalje 30 m. Ob zakoličbi višin končnega profila P 60 je bila razlika med projektiranim profilom in profilom obstoječe ceste zanemarljiva. S tem je bilo potrjeno, da je natančnost višinske zakoličbe dobra.



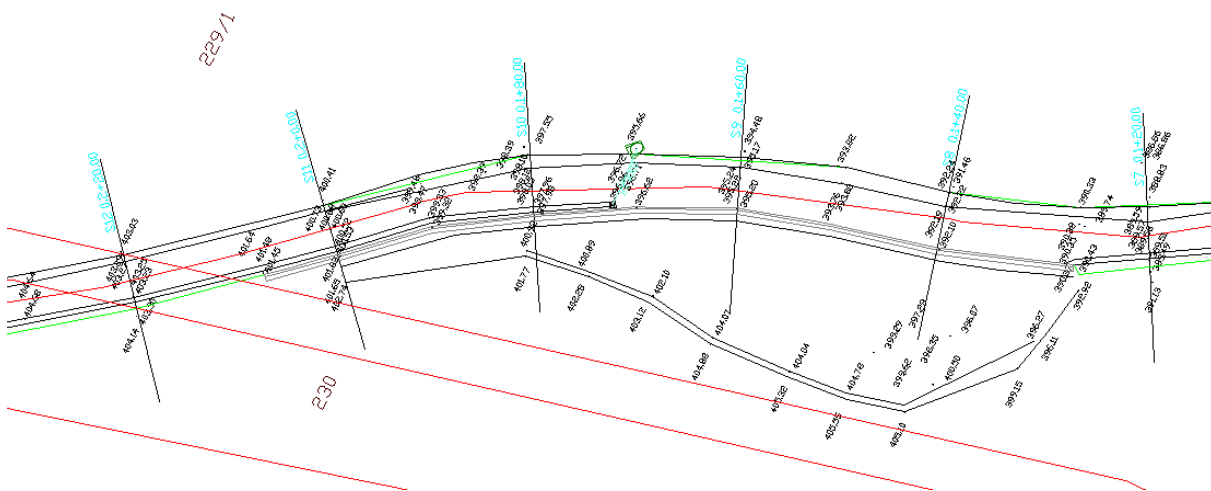
Slika 10: Podatki za zakoličbo (foto: Krasinvest)

7 DELA PO IZGRADNJI

Po izgradnji se izvede geodetski posnetek izvedenih del za potrebe izdelave tehnične dokumentacije za pridobitev uporabnega dovoljenja. Poleg tehnične dokumentacije je bilo potrebno izračunati dejanske prostornine izvedenih zemeljskih del in količine vgrajenih materialov za izračun stroškov gradnje. Osnova za izračun prostornin so prečni profili novozgrajenega (projektiranega) linijskega objekta.

7.1 Geodetski posnetek izvedenega stanja

Po končani gradnji ceste se je za potrebe izdelave tehnične dokumentacije in izračuna prostornin izdelal geodetski načrt. Na načrtu so predstavljeni robovi asfaltne ceste in bankine, asfaltne mulde, robniki, zaščitne ograje, betonski zidovi, meteorni jaški, odtočne cevi. Na načrtu je prikazan tudi zemeljski plaz dolžine 50m, ki se je sprožil med gradnjo. Meritve izvedenih del smo opravili s tahimetrom, izris načrta in profilov pa smo izdelali v programu AutoCad.



Slika 11: Geodetski posnetek izvedenega stanja (foto: Dudine)

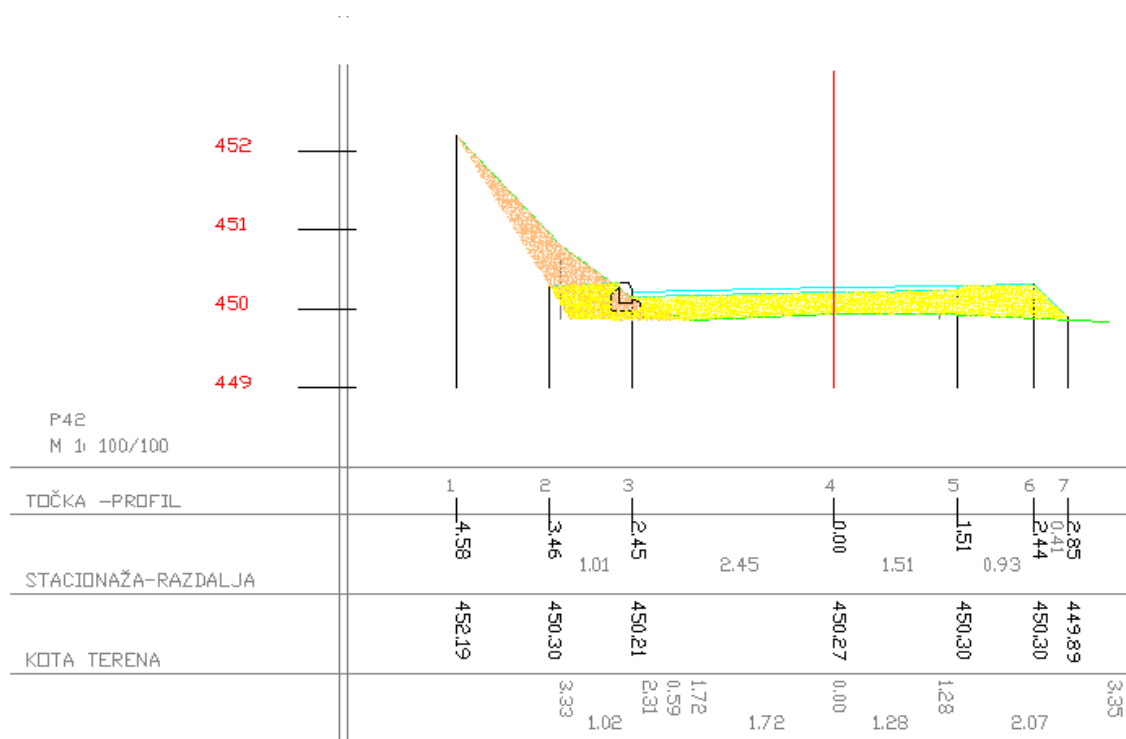
7.2 Izračun prostornin linijskega objekta

Postavitev gradbenega telesa v prostor zahteva večja ali manjša zemeljska dela. Obseg zemeljskih del predstavlja veliko finančno postavko pri gradnji linijskih objektov, kot so ceste in železnice. Zemeljska dela so neposredno povezana s prostorninami zemeljskih mas, ki jih je potrebno premestiti. Obseg zemeljskih del predstavlja enega izmed kriterijev za izbiro trase linijskega objekta. Za hribovit teren je značilno, da je obseg zemeljskih del še nekoliko večji (Breznikar, Koler, 2009).

7.2.1 Izračun površin prečnih profilov

Po končanih gradbenih delih se je izvedla geodetska izmera prečnih profilov, ki je služila za izračun prostornine zemeljskih mas. Skupno število prečnih profilov je 60, razdalja med profili pa je 20 metrov. V posameznem prečnem profilu sta površini vkopa in nasipa predstavljene ločeno. Površine v prečnem profilu se določi na podlagi obstoječega terena in novega oziroma projektiranega stanja. Podatke o obstoječem terenu smo pridobili iz izmere profilov, ki smo jo opravili ob zakoličbi ceste.

Za določitev površini vkopa in nasipa smo posamezen profil izrisali v programu AutoCad in označili območja vkopa in nasipa. Program samodejno izračuna površine označenih območij profila.



Slika 12: Prečni profil (foto: Dudine)

7.2.2 Izračun prostornin iz površin prečnih profilov

Prostornine zemeljskih mas lahko izračunamo na več načinov. Najbolj enostavno je, da obliko zemeljske mase aproksimiramo z geometrijskim telesom, za katerega lahko izračunamo prostornino. Drugi način je izračun prostornin iz površin prečnih profilov.

7.2.2.1 Približni enačbi za izračun prostornin iz prečnih profilov in rezultati

Približni enačbi predpostavljata, da je povezava med posameznimi točkami sosednjih profilov linearna in vzporedna. Ti enačbi sta dobri v primerih, ko sta razliki med profiloma majhni. V primeru večje razlike, je natančnost izračunane prostornine slabša.

Približni enačbi za izračun prostornin useka in nasipa sta:

$$V_U = (P_U^i + P_U^{i+1}) * \frac{\Delta l}{2}$$

$$V_N = (P_N^i + P_N^{i+1}) * \frac{\Delta l}{2}$$

kjer je:

- V_U, V_N ... prostornina useka / nasipa,
- P_U^i, P_N^i ... površina začetnega useka / nasipa,
- P_U^{i+1}, P_N^{i+1} ... površina končnega useka / nasipa,
- Δl ... razdalja med profiloma.

Izračun izkopa in nasutja se je za obravnavani primer izvedel s približnimi enačbami. Razdalja med profili znaša 20 metrov, površini izkopa in nasutja pa se je za posamezni profil pridobilo iz programa Autocad.

Skupni prostornini za obračun stroškov znašata:

- prostornina izkopa: **1763 m³** in
- prostornina nasutja tampona **2016 m³**.

7.2.2.2 Simpsonova enačba za izračun prostornin in rezultati

Za primerjavo sem opravil še izračun prostornin z uporabo Simpsonove enačbe in jih primerjal z rezultati enostavne enačbe:

$$V_i = \frac{\Delta l}{6} * (P_i + 4P_{Sr} + P_{i+1}),$$

$$P_{Sr} = \left(\frac{\sqrt{P_i} + \sqrt{P_{i+1}}}{2} \right)^2,$$

kjer je:

- P_i ... površina začetnega profila,
- P_{i+1} ... površina končnega profila,
- P_{sr} ... površina srednjega profila,
- Δl ... razdalja med začetnim in končnim profilom.

Prostornini izkopa in nasutja sta nekoliko manjši, in sicer:

- prostornina izkopa: 1715 m³ in
- prostornina nasutja tampona: 2008 m³.

Izračun prostornine s Simpsonovo enačbo upošteva obliko osnovnega telesa kot prizmatoid. Ta enačba upošteva tudi površino srednjega prečnega profila.

Rezultat izračuna prostornin izkopov po Simpsonovi enačbi je za 48 m³ oziroma 3 % manjši kot izračun po približni enačbi. V primerih, ko sta površini sosednjih prečnih profilov zelo različni, nastane tudi večja razlika med prostornino izračunano s Simpsonovo enačbo in prostornino izračunano z enostavno enačbo.

Pri prostornini nasipov je razlika med izračuni le 8 m³, kar v odstotkih znaša manj kot 1 %. Prečni profili so si v površini nasutja tampona precej podobni. Zaradi majhnih razlik med površinami nasipov prečnih profilov, je tudi skupna razlika med izračunanima prostorninama majhna.

8 ZAKLJUČEK

Geodetska dela so pri rekonstrukciji cest velikega pomena. Na začetku del je naloga geodeta vzpostaviti geodetsko mrežo, ki je osnova za korektno izvedbo nadaljnjih geodetskih del. Za izdelavo projekta je treba opraviti geodetsko izmero prečnih profilov in izdelati geodetski načrt. Od natančnosti geodetskega načrta je v nadaljevanju odvisen celoten potek projektiranja in izgradnje.

Na podlagi karakterističnih točk, ki definirajo obliko in dimenzijo novega objekta, se izvede zakoličba. Glede na zahtevano natančnost zakoličbe se izbere instrumentarij in najugodnejši merski postopek. Poleg poznavanja geodetskih del je za zakoličbo cest treba poznati še strokovna dela iz gradbeništva. Zahteve in potrebe izvajalcev gradbenih del je treba razumeti in jih v največji meri tudi izpolniti. Na terenu se med izvajanjem del večkrat pojavijo nepričakovane težave, ki jih je treba v čim krajšem času tudi rešiti.

Delo geodeta se nadaljuje tudi po izgradnji ceste z izmero in izdelavo geodetskega načrta novega stanja. V primeru rekonstrukcije se podatke uporabi za pripravo tehnične dokumentacije in izračun prostornin zemeljskih mas za obračun gradbenih del.

VIRI

Berčič, T. 2006. Vpliv geometrijskih elementov ceste na vizualno zaznavanje trase. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Berčič): str. 2 – 9.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/800/1/GRU_2877_Bercic.pdf (Pridobljeno 20.5.2014.)

Berdajs, A., Ulbl, M. 2010. Inženirska geodezija. Ljubljana: Zavod IRC. str. 47 - 50.

http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_157GRADBENISTVO_Inzenirska_Ulbl.pdf (Pridobljeno 20. 5. 2014.)

Breznikar, A., Koler, B. 2009. Inženirska geodezija. Ljubljana: Inženirska zbornica Slovenije.: str. 5, 6, 10, 11, 15 – 18, 21, 34 – 37, 47, 52 – 53.

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/In__enirska_geodezija_2009.pdf
(Pridobljeno 20. 5. 2014.)

Direkcija Republike Slovenije za ceste. TSC 03.300 Geometrijski elementi cestne osi in vozišča. 2003.

http://www.fpp.uni-lj.si/mma_bin.php?id=2011111911211989 (Pridobljeno 9. 6. 2014.)

Dudine, R., 2013. Podatki o geodetskih delih pri rekonstrukciji. Osebna komunikacija. (maj 2014.)

Koler, B., 2013. Zapiski s predavanj pri predmetu Geodezija v inženirstvu I. (feb – apr 2013.)

Krasinvest. 2011. Projektna dokumentacija.

http://www.divaca.si/javna_narocila/2013043008211506/Javno%20naro%C4%8Di%20za%20rekonstrukcijo%20ceste%20v%20Gornje%20Le%C5%BE%C4%8De/ (Pridobljeno 20. 6. 2014.)

Kuhar, M., 2010. Zapiski s predavanj pri predmetu Detajlna izmera. (feb – maj 2010.)

Leica Geosystems. 2004. Leica Sprinter Electronic Level.

http://www.fltgeosystems.com/uploads/brochures/2574_1.pdf?1404847243 (Pridobljeno 21. 7. 2014.)

Nikon Geotecs. 2000. Field Station DTM – 801 series.

<http://geodat.com.my/pdf/Nikon-DTM-851.pdf> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)

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

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200440&stevilka=1677> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)

Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS, št. 91/2005.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=58173> (Pridobljeno 7. 7. 2014.)

Pravilnik o projektni dokumentaciji. Uradni list RS, št. 55/2008.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=86836> (Pridobljeno 7. 7. 2014.)