

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidat:
Matjaž Žargi

Geodetska dela pri Projektu za razpis in izvedbo obnove železniške proge Grosuplje - Kočevje

Diplomska naloga št.: 711

Mentor:
doc. dr. Aleš Breznikar

Ljubljana, 25. 4. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisan **MATJAŽ ŽARGI** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»GEODETSKA DELA PRI PROJEKTU ZA RAZPIS IN IZVEDBO OBNOVE
ŽELEZNIŠKE PROGE GROSUPLJE-KOČEVJE«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 2.04.07

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.48:625.1(043.2)
Avtor:	Matjaž Žargi
Mentor:	doc. dr. Aleš Breznikar
Naslov:	Geodetska dela pri Projektu za razpis in izvedbo obnove železniške proge Grosuplje-Kočevje
Obseg in oprema:	61 str., 10 pregl., 13 sl., 4 pril.
Ključne besede:	geodetska mreža, geodetski načrt, prečni in vzdolžni profili, katastrski elaborat

Izveček:

V diplomski nalogi so predstavljena geodetska dela pri projektu za razpis in izvedbo obnove železniške proge. Pri tem so vsa geodetska dela skladna z zakoni in predpisi ter povezana in usklajena z ostalimi strokami, ki sodelujejo v projektu rekonstrukcije železniške proge.

Ena izmed osnovnih geodetskih nalog je vzpostavitev kvalitetne geodetske mreže, ki je za potrebe projektiranja predstavljena v državnem in lokalnem koordinatnem sistemu. Namen vzpostavitve lokalnega koordinatnega sistema je zagotovitev čim manjše deformacije dolžin.

V nalogi so poleg vzpostavitve mreže predstavljene še izdelava geodetskega načrta, izmera prečnih in vzdolžnih profilov ter izdelava katastrskega elaborata.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.48:625.1(043.2)
Author: Matjaž Žargi
Supervisor: assist.prof. Aleš Breznikar Ph.D.
Title: Geodetic works in frame of Grosuplje-Kočevje Railway
Reconstruction Project
Notes: 61 p., 10 tab., 13 fig., 4 ann.
Key words: geodetic network, geodetic plan, cross- and longitudinal sections,
land register report

Abstract

The thesis describes geodetic works in frame of a railway reconstruction project. All the works were carried out in accordance with Slovenian laws and regulations and harmonised with other disciplines that took part in the railway reconstruction project. One of the basic geodetic tasks was to establish a high-accuracy geodetic network. The latter introduced into the local and national coordinate systems for the purposes of designing and constructing. The local coordinate system was established in order to reduce length deformation as much as possible. Apart from setting up the network, the thesis describes the making of a geodetic plan, measurement of cross- and longitudinal sections, and preparation of a land register report.

ZAHVALA

Za strokovno in tehnično pomoč pri izdelavi moje diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc.dr.Alešu Breznikarju. Zahvaljujem se tudi staršema, ki sta mi vsa leta študija nudila pomoč.

Prav tako se zahvaljujem tudi podjetju BB inženiring d.o.o., ki mi je omogočilo dostop do podatkov.

KAZALO VSEBINE:

1 UVOD	1
2 ZAKONSKA OSNOVA	3
3 GEODETSKA DELA.....	5
3.1 GEODETSKA MREŽA	5
3.1.1 Projekt vzpostavitve geodetske mreže.....	6
3.1.1.1 GPS mreža.....	6
3.1.1.1.1 Uvod	6
3.1.1.1.2 GPS izmera:	7
3.1.1.1.2.1 Statična GPS izmera	7
3.1.1.1.2.2 Hitra statična GPS izmera	8
3.1.1.1.2.3 Radialna GPS izmera.....	8
3.1.1.1.3 Koordinatni sistemi uporabljeni v GPS izmeri.....	9
3.1.1.1.3.1 Transformacija koordinatnih sistemov	9
3.1.1.1.4 Projekt zagotovitve položajne mreže na odseku Grosuplje-Ortnek	11
3.1.1.1.4.1 Planiranje GPS izmere.....	11
3.1.1.1.4.2 Rekognosciranje terena	12
3.1.1.1.4.3 Stabilizacija novih točk	12
3.1.1.1.4.4 Projekt GPS izmere	12
3.1.1.1.4.5 Obdelava GPS izmere.....	14
3.1.1.1.4.6 Transformacija v državni koordinatni sistem	16
3.1.1.1.4.7 Rezultati podani v državnem koordinatnem sistemu.....	19
3.1.1.2 Terestrična mreža.....	19
3.1.1.2.1 Merjenje horizontalnih kotov	20
3.1.1.2.2 Merjenje dolžin.....	21
3.1.1.2.3 Projekt vzpostavitve poligonske mreže Grosuplje-Ortnek.....	27
3.1.1.2.3.1 Rekognosciranje in stabilizacija poligonske mreže.....	27
3.1.1.2.3.2 Projekt terestrične izmere	28
3.1.1.2.3.3 Obdelava terestrične izmere	28
3.1.1.3 Višinska mreža.....	33

3.1.1.3.1 Geometrični nivelman	33
3.1.1.3.2 Osnovni princip nivelmana.....	33
3.1.1.3.3 Nivelmanske mreže	34
3.1.1.3.4 Projekt vzpostavitve nivelmanske mreže	35
3.1.1.3.5 Projekt določitve višin na odseku Grosuplje-Ortnek.....	36
3.1.1.3.5.1 Začetni kriteriji:	36
3.1.1.3.5.2 Rekognosciranje:	36
3.1.1.3.5.3 Metoda merjenja.....	37
3.1.1.3.5.4 Terminski plan meritev.....	38
3.1.1.3.5.5 Izračun višin in natančnosti meritev:	39
3.2 GEODETSKI NAČRT	46
3.2.1 Grafični prikaz.....	46
3.2.1.a Vsebina grafičnega načrta.....	47
3.2.1.b Topografski ključ.....	47
3.2.2 Certifikat geodetskega načrta	48
3.2.3 Geodetski načrt Rekonstrukcije železniške proge Grosuplje-Ortnek.....	50
3.3 MERITVE PREČNIH IN VZDOLŽNIH PROFILOV	54
3.4 KATASTRSKI ELABORAT	55
3.4.1 Podatki zemljiškega katastra	55
3.4.2 Podatki zemljiške knjige.....	55
3.4.3 Območje predvidenega posega.....	56
4 ZAKLJUČEK	59
VIRI	60
PRILOGE.....	61

KAZALO PREGLEDNIC:

Preglednica 1: Določitev koordinat nove točke na podlagi dveh baznih vektorjev	14
Preglednica 2: Izravnane elipsoidne koordinate nove točke	15
Preglednica 3: Vhodni podatki za transformacijo »Grosuplje 1«.....	18
Preglednica 4: Izračunani parametri transformacije »Grosuplje 1«	18
Preglednica 5: Popravki vhodnih podatkov za »Grosuplje 1«	18
Preglednica 6: Rezultati merjenih točk s pripadajočimi natančnostmi.....	19
Preglednica 7: Analize položajnih izravnav v državnem koordinatnem sistemu.....	32
Preglednica 8: Dopustna odstopanja v nivelmanski mreži.....	35
Preglednica 9: Seznam danih reperjev.....	39
Preglednica 10: Odstopanja v posameznem nivelmaskem vlaku.....	39

KAZALO SLIK:

Slika 1: Oblika radialne izmere	8
Slika 2: Prikaz baznih vektorjev s pripadajočimi elipsami pogreškov, območje Grosuplje	15
Slika 3: Prikaz baznih vektorjev s pripadajočimi elipsami pogreškov, območje Dobropolje-Ortnek	16
Slika 4: Razdelitev območja za potrebe transformacije	17
Slika 5: Postopna redukcija dolžin	24
Slika 6: Skica izmeritvene mreže za območje Grosuplje-Dobropolje.....	30
Slika 7: Skica izmeritvene mreže za območje Dobropolje-Ortnek.....	31
Slika 8: Geometrični nivelman	33
Slika 9: Primer topografije reperja	37
Slika 10: Skica nivelmanske mreže (vključeni so samo reperji).....	38
Slika 11: Predpisana vsebina geodetskega načrta.....	49
Slika 12: Orodje za snemanje osi proge	50
Slika 13: Primer certifikata geodetskega načrta	53

KAZALO PRILOG:

Priloga A: Primer topografije poligonske točke

Priloga B: Primer geodetskega načrta

Priloga C: Primer izrisa prečnih profilov

Priloga D: Primer katastrskega načrta

1 UVOD

Na podlagi sprejetih mednarodnih dokumentih o razvoju železniške infrastrukture, ki temelji na enotnih tehničnih parametrih se je Slovenija kot članica Evropske skupnosti v Nacionalnem programu razvoja železniške infrastrukture zavezala, da bo na področju transporta izvedla posodobitev.

Ena izmed prog, ki je potrebna rekonstrukcije je proga Grosuplje-Kočevje, tako imenovana kočevska proga. Proga, ki je dolga 48,6km ima značaj regionalne proge, je enotirna, ne-elektrificirana, z opuščnim 1,1km dolgim industrijskim tirom, ki je nekoč služil za potrebe Rudnika premoga Kočevje.

Danes se na kočevski progi odvija le tovorni promet, ki ne vključuje prevoza naftnih derivatov za blagovne rezerve, ker tehnične karakteristike ne dovoljujejo teh prevozov.

Rezultati meritev so pokazali, da je dovoljena le šestnajst tonska osna obremenitev in največja progovna hitrost 50km/h.

Pri predlagani sanaciji proge Grosuplje-Kočevje je potrebno upoštevati:

- sedanje stanje proge (slabo stanje zgornjega in spodnjega ustroja z omejenimi hitrostmi, neustrezne signalno-varnostne in telekomunikacijske naprave),
- obstoječo organizacijo vodenja prometa,
- rast obsega tovrnega prometa do leta 2020,
- potrebo po usposobitvi proge za 20 tonski osni pritisk,
- pogoje za varen prevoz naftnih derivatov (Zakon o prevozu nevarnega blaga – ZPNB – Uradni list št. 79/1999),
- načrtovano industrijsko in obrtno cono v bližini postaj (Kočevje, Ribnica, Dobropolje).

Glede na navedena izhodišča zahtev, s katerimi bi zagotovili nemoten potek tovrnega prometa po progi Grosuplje-Kočevje, je potrebno izdelati projekt, na podlagi katerega bi se opravila dela obnove zgornjega ustroja proge po celotni dolžini trase in delna sanacija spodnjega ustroja. Pri dovoljeni 20 t/os je potrebno zamenjati vse elemente zgornjega ustroja proge (tirnice, pragove, gramozno gredo) in kretnice.

Na celotni trasi je potrebno urediti cestna križanja.

Projekt posodobitve ima 2 fazi:

- 1 faza – obnovitev proge Grosuplje-Ortnek
- 2 faza – obnovitev proge Ortnek-Kočevje

Projekt rekonstrukcije obstoječih železniških infrastruktur je kompleksen, zato v njem sodelujejo strokovnjaki različnih strok, katerih dela so med seboj v odvisni povezavi. Pomembno vlogo pri tem ima tudi delo geodeta, pri čemer upoštevamo dejstvo, da geodet spoštuje zahteve in normative projektanta.

V sami nalogi bom predstavil pregled geodetskih del, ki so bila izvršena za potrebe izdelave projektne dokumentacije, z naslovom **»Obnova železniške proge Grosuplje-Kočevje, izdelava projekta za razpis (PZR) in projekta za izvedbo (PZI), 1.faza: odsek Grosuplje-Ortnek«**.

2 ZAKONSKA OSNOVA

Pri vsaki gradnji oz. rekonstrukciji objektov je potrebno upoštevati Zakon o gradnji objektov, ki določa projektantska dela in obseg projektne naloge. Podrobnejšo vsebino projektne dokumentacije pa določata Pravilnik o projektni tehnični dokumentaciji in Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije.

Po Zakonu o gradnji objektov so določena naslednja projektantska dela:

- Idejna zasnova –ki predstavlja skice in opise bistvenih značilnosti nameravane gradnje (ZGO-1, 2004). Namen idejne zasnove je pridobitev pristojnih soglasodajalcev za izdelavo projekta
- Idejni projekt– je sistematično urejen sestav načrtov, na podlagi katerih je investitorju določeno, da se odloči o najustreznejši varianti nameravane izgradnje (ZGO-1, 2004). Izdela ga projektant na osnovi predhodno izdelanih idejnih rešitev, oziroma programskih risb, v katerih se obdelujejo posamični problemi oziroma variante posamičnih problemov (Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije, 1998). Pri izdelavi idejnega projekta so potrebni situacijski, geodetskih načrti in karte večjih meril.
- Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja-je sistematično urejen sestav takšnih načrtov, na podlagi katerih je pristojnemu organu omogočeno, da presodi vse okoliščine, pomembne za izdajo gradbenega dovoljenja (ZGO-1, 2004). Izdela ga projektantsko podjetje. Vsebina projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja mora v vsakem načrtu, v odvisnosti od načrta, obsegati splošni del, tehnično poročilo, projektantski popis s predizmerami in stroškovno oceno, risbe in posebne elaborate oziroma tehnične študije, če jih zahtevajo posebni predpisi (pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije, 1998).
- Projekt za razpis, ki ga izdela projektantsko podjetje in je sistematično urejen sestav načrtov, na podlagi katerega je investitorju omogočeno pridobiti najustreznejšega izvajalca (ZGO-1, 2004). Poleg tega splošnega dela mora vsebovati ponudbene pogoje, tehnične pogoje in priloge (risbe, preglednice) (Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije, 1998).

- Projekt za izvedbo je glede na vrsto, obseg in zahtevnost nameravane gradnje oziroma izvedbe del z dodatnimi podatki oziroma sestavinami dopolnjen projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, ki ga izdelata projektant. V njem je potrebno navesti, katere sestavine so bile že izvedene v projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja in v katerih njegovih načrtih.
Posamezni deli projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja se v projektu za izvedbo lahko ponovijo tudi v celoti, lahko pa so tudi le dopolnjeni ali povzeti (Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije, 1998).

V diplomski nalogi so predstavljena geodetska dela, ki so bila izvedena za potrebe izdelave projektne dokumentacije, torej gre za geodetske dela, ki jih določa Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije . Vsa dela morajo biti izdelana v skladu z veljavno zakonodajo in normativi. Predvsem gre za upoštevanje Zakona o geodetski dejavnosti, kateri opredeljuje splošne pogoje, ki jih mora izpolnjevati geodetsko podjetje, da lahko opravlja delo.

Pri izdelavi geodetske mreže je potrebno upoštevati Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk.

Pri izdelavi geodetskega načrta se moremo držati pravil določenih s Pravilnikom o geodetskem načrtu.

Pri definiranju t.i. gradbene parcele se je potrebno držati Zakona o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot.

Podrobnejše analize in zahteve so predstavljene v nadaljevanju, pri opisu posameznega geodetskega dela.

3 GEODETSKA DELA

3.1 GEODETSKA MREŽA

Vzpostavitev in uporaba geodetske mreže je osnova za vse vrste geodetskih del. V začetni fazi je potrebno vzpostaviti kvalitetno geodetsko mrežo, ki bo omogočila izvedbo geodetskih del s primerno natančnostjo.

Pri gradnji in rekonstrukciji železniških prog je ustaljena praksa, da se vsa dela v povezavi s projektiranjem in gradnjo izvajajo v tako imenovanem lokalnem koordinatnem sistemu, ki omogoča čim manjšo deformacijo dolžin. To pa ne pomeni, da so pri gradnji železniške infrastrukture izvzete državne mreže, saj so vsi uradni podatki, izhodiščni podatki, podani v temeljnih državni mrežah. Zato je potrebno predhodno poznati razvrstitev in kvaliteto državnih mrež, saj le tako lahko pravilno izberemo izhodiščne podatke primerne natančnosti, ki bodo osnova za nadaljnje delo.

Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju GURS) je pristojna za vzdrževanje osnovnega geodetskega sistema. Sestavljajo ga horizontalne in višinske mreže geodetskih točk in je matematična osnova za meritve, geokodiranje in kartografijo. Točke so na terenu označene in imajo koordinate v enotnem koordinatnem sistemu. Vodenje, vzdrževanje in izdajanje podatkov o geodetskih točkah poteka neposredno v centralni bazi preko komunikacijskega omrežja državnih organov.

Geodetske točke se delijo glede na natančnost in način nastanka mreže na:

- temeljne horizontalne geodetske točke (vsebujejo več vrst geodetskih točk glede na natančnost njihovih koordinat in način njihove določitve - trigonometrične točke od I. do IV. reda, poligonometrične točke in navezovalne točke),
- temeljne višinske geodetske točke (definirajo višinski sistem RS, glede na stopnjo natančnosti in način razvijanja mrež uvrščamo le-te v nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (NVN), nivelmanske mreže 1. , 2., 3. in 4. reda ter mestne nivelmanske mreže),
- izmeritvene horizontalne geodetske točke (osnova za navezavo geodetskih meritev na državni koordinatni sistem, podan v Gauss-Kruegerjevi projekciji),

- GPS točke (za transformacijo koordinat med sistemoma D48 in ETRS)
(www.gu.gov.si, 2005)

3.1.1 Projekt vzpostavitve geodetske mreže

Projektiranje geodetske mreže predstavlja strokovno geodetsko nalogo, ki zahteva strokovno znanje, organizacijske sposobnosti in ekonomsko vrednotenje. Investitor postavi kriterije, ki so vhodni podatki za projektiranje. Med kriterije spadajo vrsta geodetske mreže (položajna, višinska), gostota geodetskih točk mreže v povezavi z območjem meritev in natančnost določitev koordinat novih točk. Prav tako je pomembna časovna in finančna omejitev. Mrežo moramo razvijati tako, da bo imela optimalno obliko in da bomo pri razvijanju porabili čim manj sredstev.

3.1.1.1 GPS mreža

3.1.1.1.1 Uvod

Določitev položaja točk na osnovi GPS opazovanja lahko primerjamo s trilateracijo. Obe tehniki namreč temeljita na osnovi opazovanj razdalj med danimi in novimi tačkami. Dane točke so v primeru GPS sateliti, kateri položaj je v vsakem trenutku znan. Bistvena razlika med metodama trilateracije in GPS izmere pa je, da pri GPS metodi dane točke spreminjajo položaj v prostoru, medtem, ko so pri trilateraciji dane točke fiksne na Zemlji. Torej za določitev položaja, mora GPS signal vsebovati tudi informacije o položajih satelitov v trenutku oddaje signala. Pri tem še dodatno otežuje dolžina poti signala, ki je bistveno daljša kot pri trilateraciji. Torej določitev položaja na osnovi GPS temelji na prenosu dokaj obširnih informacij, ki so vsebina satelitovega signala. Tako mora GPS signal vsebovati: podatke o času satelita, trenutni položaj satelita, informacije o Zemljini atmosferi in podatke za identifikacijo posameznega satelita. (Stopar B., Prešeren P. 2001, GPS v geodetski praksi).

3.1.1.1.2 GPS izmera:

Vse metode GPS izmere, ki so uporabljene v geodeziji, so metode za določanje relativnega položaja, ker le te omogočajo doseganje natančnosti, ki je primerna za uporabo v geodeziji. Metode GPS delimo glede na način izvedbe meritev. Ali sprejemnik med izmero miruje, ali pa se sprejemnik giblje po določenem območju. Glede na to lahko delimo GPS izmero na dve metodi:

- statična izmera
- kinematična izmera

Vendar se je do danes razvilo kar nekaj metod izmere, ki povzemajo značilnosti obeh metod. Glede na prioritete, ki nam jih narekuje posamezna geodetska naloga se odločimo za najprimernejšo metodo. Nekatere osnovne lastnosti teh metod je podanih v spodnji tabeli:

Osnovne lastnosti posameznih metod GPS izmere (Stopar B., Prešeren P.2001, GPS v geodetski praksi)

Metode izmere	Relativna točnost	Čas opazovanj	Slabosti	Prednosti
Statična	0,1-10 ppm	1-4 ure	Počasna	Visoka točnost
Hitra statična	1-10 ppm	5-20 min	Potrebujemo prefinjeno strojno in programsko opremo	Hitra in visoke točnosti
Kinematična	1,5-10 ppm	1-2 min	Neprekinjen sprejem najmanj 4 satelitov	Hitra
RTK Stop-and-Go (RTK)	1-10 ppm	Skoraj v realnem času	Neprekinjen sprejem signala 4 ali več satelitov ali ponovna inicializacija	Visoka točnost določitve opazovanj

Glede na karakteristike posameznih metod in glede na vrsto geodetske naloge, razvoj geodetske mreže visoke natančnosti, sta najbolj primerni metodi statična in hitra statična izmera. Zato se bom v nadaljevanju omejil zgolj na omenjeni metodi.

3.1.1.1.2.1 Statična GPS izmera

Statična GPS izmera je osnovna metoda za določevanje relativnega položaja. Statična izmera se izvaja z dvema ali več sprejemnikoma, ki mirujeta. V kolikor uporabljamo več anten kot dve, je potrebna izravnava mreže. Enega od sprejemnikov postavimo na dano točko, drugega

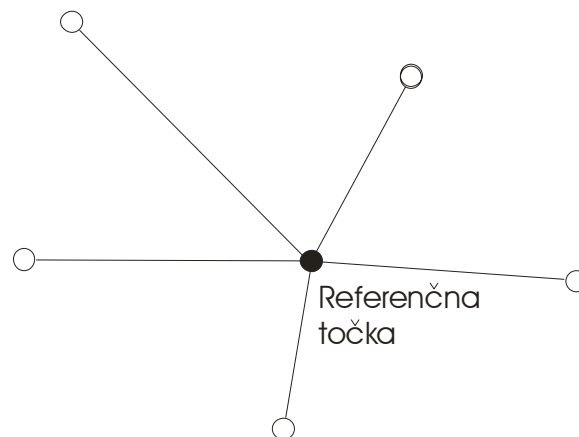
pa postavimo na novo točko. Meritve izvajamo dalj časa, odvisno od želene natančnosti. Opazovanja, ki trajajo tipično od 30 do 120 minut, temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov. Ob predpostavki o kvalitetnem modeliranju ionosferske refrakcije in zanesljivih algoritmov za določitev neznanega začetnega števila celih valov skupaj s tirnicami GPS satelitov, je mogoče s to metodo pridobiti natančnost do 1mm/km.

3.1.1.1.2 Hitra statična GPS izmera

Hitre statične metode so se pojavile z razvojem algoritmov za učinkovito določitev neznanega začetnega števila celih valov ob uporabi različnih tipov opazovanj in različnih kombinacij teh opazovanj. Določitev teh neznank je najučinkovitejša ob sprejemanju signalov petih ali več satelitov.

3.1.1.1.2.3 Radialna GPS izmera

V primeru radialne GPS izmere je en GPS postavljen na referenčno točko, enden ali več sprejemnikov pa izvaja izmero na novih točkah. To izmero lahko uvrščamo med statične ali pa kinematične metode, odvisno je od časa opazovanj na novih točkah. V vsakem primeru pa je potrebno poskrbeti za nadštevilnost opazovanj, ki se jih zagotovi s ponovno izmero novih točk ob istem ali po možnosti drugem položaju referenčne točke. Ponovitev naj bi se izvedla po določenem času, kar zagotavlja, da se razporeditev satelitov dovolj spremeni.



Slika 1: Oblika radialne izmere

3.1.1.1.3 Koordinatni sistemi uporabljeni v GPS izmeri

Uporaba GPS tehnologije zahteva temeljito poznavanje in razumevanje koncepta koordinatnih sistemov, v katerih deluje GPS tehnologija. Različne metode GPS izmere se nanašajo na različne koordinatne sisteme. To pomeni, da je prvi pogoj za pridobitev korektnih rezultatov izmere poznavanje lastnosti koordinatnih sistemov in njihovih povezav z različnimi GPS metodami izmere, oziroma izvajanje transformacij med posameznimi koordinatnimi sistemi.

Osnovna izračuna baznih vektorjev in koordinat točk pri GPS metodah izmere so s satelita oddane efemeride, ki so podane v WGS-84 koordinatnem sistemu. Precizne efemeride, ki jih uporabljamo za določitev položaja višjih natančnosti, so podane za trenutni aktualen ITRSy koordinatni sistem. Koordinate točk, določene z GPS tehnologijo v Sloveniji, so določene v koordinatnem sistemu ETRS89, veljavnem za začetek leta 1989.0.

Pri uporabi GPS izmere imamo opravka s podatki, definiranimi v različnih koordinatnih sistemih. Zato je potrebno najprej podatke preoblikovati v enoten računski koordinatni sistem.

3.1.1.1.3.1 Transformacija koordinatnih sistemov

Dobljene rezultate GPS izmere je potrebno za praktično uporabo predstaviti v državnem koordinatnem sistemu, ki temelji na astrogeodetski orientaciji referenčnega elipsoida. GPS izmera pa se nanaša na globalni koordinatni sistem. V praksi poznamo več vrst transformacij tridimenzionalnih koordinatnih sistemov. Izbor transformacije je odvisen od želenih lastnosti transformacij in lastnosti transformiranih koordinat.

Transformacijski parametri se izračunajo na podlagi koordinat podanih v obeh koordinatnih sistemih. V primeru nadštevilnih vhodnih podatkov je potrebno izvesti izravnavo, pri čemer koordinate podane v obeh sistemih nastopajo kot opazovanja. Rezultat izravnave so transformacijski parametri in popravki koordinat vhodnih točk.

V primeru transformacije GPS izmere v državni koordinatni sistem uporabljamo podobnostno 7-parametrično transformacijo, ki temelji na:

- 3 parametrah translacije

- 3 parametrik rotacije
- spremembo merila

Transformacija je podana z naslednjo zvezo:

$$\begin{bmatrix} x_{Bessel} \\ y_{Bessel} \\ z_{Bessel} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} + (1 + m) \cdot R \begin{bmatrix} x_{WGS-84} \\ y_{WGS-84} \\ z_{WGS-84} \end{bmatrix} \quad (1)$$

pri čemer so:

- $x_{Bessel}, y_{Bessel}, z_{Bessel}$ -koordinate točk na Besselovem elipsoidu
- $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ -translacijski parametri med koordinatnima sistemoma po vseh treh koordinatnih oseh
- m-merilo transformacije med koordinatnima sistemoma
- R-rotacijska matrika med koordinatnima sistemoma, ki je definirana kot

$$R = R_z \cdot R_y \cdot R_x \quad (2)$$

$$R_z = \begin{bmatrix} \cos \omega_z & \sin \omega_z & 0 \\ -\sin \omega_z & \cos \omega_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos \omega_y & 0 & -\sin \omega_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \omega_y & 0 & \cos \omega_y \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_x & \sin \omega_x \\ 0 & -\sin \omega_x & \cos \omega_x \end{bmatrix} \quad (5)$$

- $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ -parametri rotacije koordinatnih sistemov

Iz zgornje enačbe je razvidno, da so vhodni podatki podani v kartezičnih koordinatah, kar pomeni, da je potrebno predhodno pretvoriti elipsoidne koordinate v kartezične in šele na to izvesti transformacijo. Rezultat transformacije GPS opazovanj so položaji točk na Besselovem elipsoidu, podani v pravokotnih koordinatah, v primeru, da jih želimo predstaviti v Gauss-Kruegerjeve, jih je potrebno preračunati v elipsoidne, šele na to v Gauss Kruegerjeve.

V praksi pogosto naletimo na primer, ko imamo določen del mreže neenakomerno deformiran. V takih primerih je potrebno območje razdeliti na več transformacijskih območij, za katere se posamezno izračunajo transformacijski parametri.

3.1.1.1.4 Projekt zagotovitve položajne mreže na odseku Grosuplje-Ortnek

Na podlagi zahteve investitorja o vzpostavitvi homogene položajne mreže primerne natančnosti, ki bo omogočala določitev natančnih prametrov železniške proge ter posledično s tem zagotovitev umestitev nadgradnje železniške proge, je bilo potrebno zagotoviti trajno homogeno mrežo geodetskih točk. Zaradi specifičnosti projektiranja dolžinskega objekta, je bila podana zahteva po zagotovitvi lokalnega koordinatnega sistema, ki naj bi omogočil projekcijo dolžin na kartografsko podlago brez deformacij merila. Poleg lokalnega koordinatnega sistema je bilo potrebno zagotoviti tudi Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem, saj so uradni podatki o parcelnih mejah podani v državnem koordinatnem sistemu.

Na podlagi zahteve o zagotovitvi homogenosti, je bila v projekt vključena GPS izmera, ki naj bi zagotovila homogenost mreže in zadostno število navezovalnih točk za terestrično izmero. Izdelan je bil elaborat GPS izmere, ki vključuje:

3.1.1.1.4.1 Planiranje GPS izmere

Vhodni podatek pri planiranju GPS mreže je bila zagotovitev primerne natančnosti, v okviru finančnih in organizacijskih zmožnosti. Po posvetu s strokovnjaki je bil podan predlog o uporabi tako imenovane kombinacije hitre statične metode z radialno metodo. Omenjena metoda omogoča zagotovitev natančnosti v okviru natančnosti položajne mreže III.reda. Za potrebe planiranja mreže so bile pridobljene državne topografske karte Republike Slovenije merila 1 :25000. Karte so bile podlaga za ogled terena z vrisanimi obstoječimi geodetskimi točkami in možnimi lokacijami novih točk. Pridobljene so bile tudi topografije in vse informacije o danih položajnih točkah na širšem območju trase železniške proge Grosuplje – Ortnek. Kot možne lokacije novih točk so bile na kartah izbrana in označena odprta območja izven naselij, gozdov in vseh drugih možnih ovir, ki bi lahko vplivala na GPS izmero in posledično na natančnost določitve koordinat novih geodetskih točk.

3.1.1.1.4.2 Rekognosciranje terena

Vse obstoječe geodetske točke na izbranem območju, ki so bile predvidene za vključitev v GPS izmero so višjih redov oz. večje natančnosti in imajo določene koordinate v državnem GK koordinatnem sistemu, kot tudi v ETRS koordinatnem sistemu. Pred dokončno odločitvijo o lokacijah novih točk so bile na terenu pridobljene potrebne informacije o topografskih značilnostih terena. Odkrile so se vse obstoječe geodetske točke državne geodetske mreže na širšem območju. Na ogledu terena so se preučile in označile možne lokacije novih točk, ki so odgovarjale kriterijem izbire. Za potrebe geodetskih meritev na obstoječi železniški progi so bile preverjene tudi vse možne lokacije dostopnih mest in poti, kot tudi sama konfiguracija terena ob železniški progi.

3.1.1.1.4.3 Stabilizacija novih točk

Stabilizacija mreže vseh novih navezovalnih in izmeritvenih točk je bila opravljena po kriterijih in zahtevah za posamezno lokacijo. Za vse točke so bile izdelane topografije iz katerih je razviden način stabilizacije ter koordinate v lokalnem in Gauss – Kruegerjevem koordinatnem sistemu.

3.1.1.1.4.4 Projekt GPS izmere

- Metoda izmere

Izbrana je bila kombinirana metoda hitre statične in radialne izmere.

- Instrumentarij:

Tip sprejemnika: GX1230 / 451310

Tip antene: LEIAX1202

Tip sprejemnika: GX1230 / 451050

Tip antene: LEIAX1202

- Število razpoložljivih ekip:

Za izmero sta bili predvideni dve ekipi.

- Časovno planiranje:

Glede na izbrano lokacijo opazovališč oz. novih navezovalnih točk je izmera vključevala tudi časovno planiranje. Odločitev o časovni primernosti meritev je temeljila na podatkih o številu razpoložljivih satelitov in njihovi geometrijski razporeditvi. Izbrana metoda izmere ob sprejemanju petih ali več satelitov zagotavlja hitro, visoko ter zanesljivo točnost določitve koordinat. Merjenje je potekalo v dveh serijah kar pomeni, da so bile meritve na vsaki točki opravljene dvakrat neodvisno in s tem dobljena nadštevilna opazovanja za vsako novo točko. S tem je bila ugotovljena in izločena možnost grobih pogreškov, Primerjava med v različnih serijah dobljenimi GPS koordinatami pa je pokazala točnost in zanesljivost posameznih meritev.

Meritve vzdolž trase Grosuplje – Ortnek so bile razdeljene na tri območja izmere.

1.območje Dobre polje - Velike Lašče

datum meritve: 02.06.2006

serija	referenčna točka	nova točka
I.	400825	50599
I.	400825	50600
I.	400825	50602
I.	400825	50603
II.	90278	50603
II.	90278	50602
II.	90278	50600
II.	90278	50599

2.območje Grosuplje - Čušperk

datum meritve: 07.06.2006

serija	referenčna točka	nova točka
I.	400770	50596
I.	400770	50597
I.	400770	50598
II.	400825	50598
II.	400825	50597
II.	400825	50596

2.območje Grosuplje - Čušperk

datum meritve: 07.06.2006

serija	referenčna točka	nova točka
I.	50602	50604
I.	50602	50605
II.	90278	50605
II.	90278	50604

3.1.1.1.4.5 Obdelava GPS izmere

Obdelava meritev se je glede na izbrano metodo izvedla naknadno (ang. Post-processing), v programskem paketu Leica Geo Office 4.0. V obdelavo meritev so bile vključene še istočasne meritve na parmanentni postaji Ljubljana in naknadno objavljene precizne efemeride.

Model izračuna temelji na predpostavki, da na podlagi dovolj dolgo (4ure) merjenih baznih vektorjev med parmanentno postajo Ljubljane in »našimi« referenčnimi točkami na delovišču, izračunamo definitivne koordinate »našim« referenčnim točkam. Tako izračunane definitivne koordinate referenčnih ročk bodo služile kot vhodni podatek (kot dane koordinate) pri izračunu novih točk. Ker pa so se meritve novih točk izvajale v dveh neodvisnih serijah, pri čemer smo zadostili pogoju o dovolj spremenjeni geometrijski legi satelitov. Le-to dosežemo, da se serija ponovi po dovolj pretečenem času, vendar v istem dnevu. Tako lahko z gotovostjo trdimo, da imamo s tem opravljena nadštevilna opazovanja in hkrati kontrolo za morebitne pojave grobih pogreškov.

V model izračuna so bili upoštevani ionosferski popravki, troposferski popravki in precizne efemeride.

Spodaj je predstavljen primer izračuna nove točke z oznako 50596, ki je bila odločena na podlagi dveh baznih vektorjev iz referenčne točke 770 in 825.

Preglednica 1: Določitev koordinat nove točke na podlagi dveh baznih vektorjev

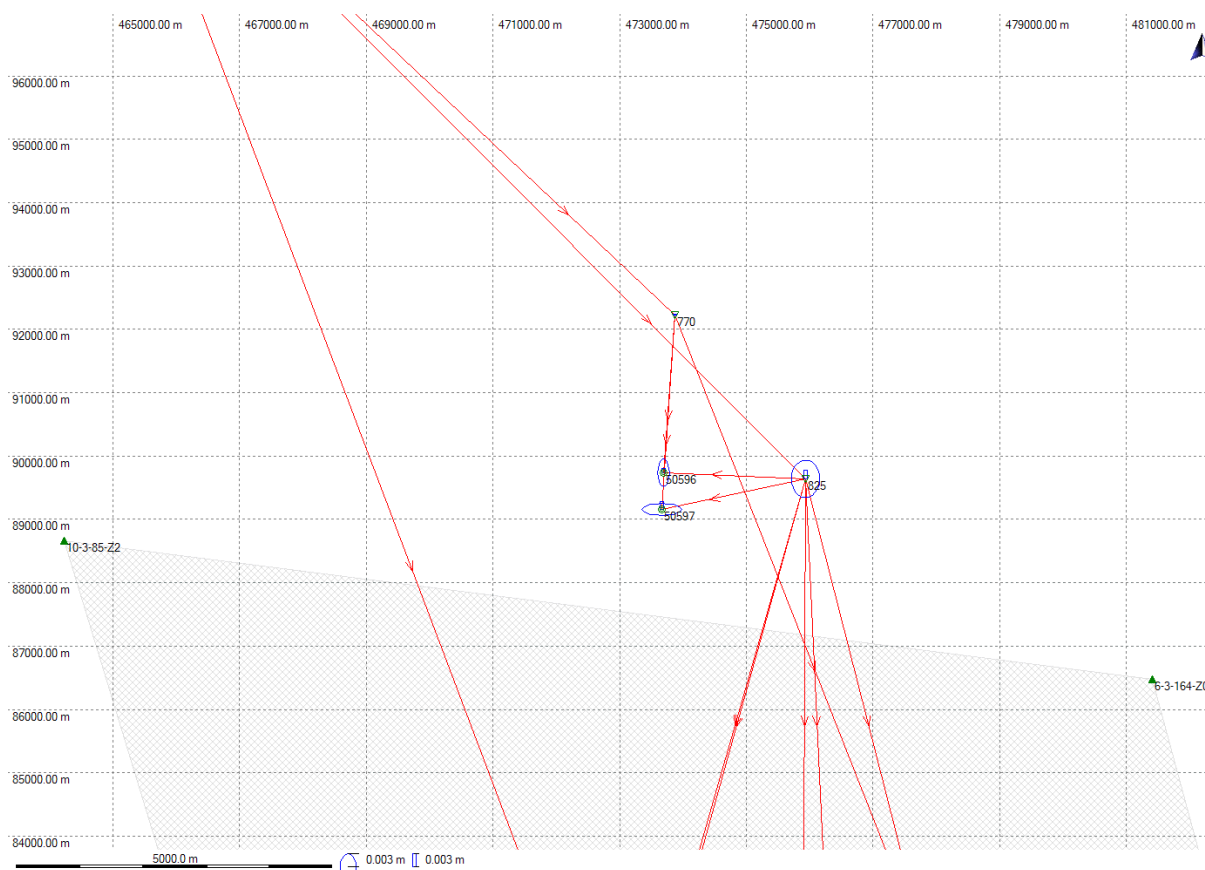
Bazni vektor	Dolžina vektorja	φ_{ETRS}	λ_{ETRS}	h
770 - 50596	2,5km	45°57'04,59415"	14°39'21,41163"	379,2642 m
825 - 50596	2,2km	45°57'21,59439"	14°39'21,41178"	379,2613 m

Iz zgornje tabele je razvidno, da se položaj točke 50596, določen iz različnih referenčnih točk, nekoliko razlikuje. Definitivni položaj nove točke je bil določen z utežno sredino. Algoritem za določitev uteži posameznem opazovanju upošteva dolžino vektorja in kvaliteto posameznih opazovanj, ki so izražene z cenilkami kakovosti. Izravnani položaj točke 50596:

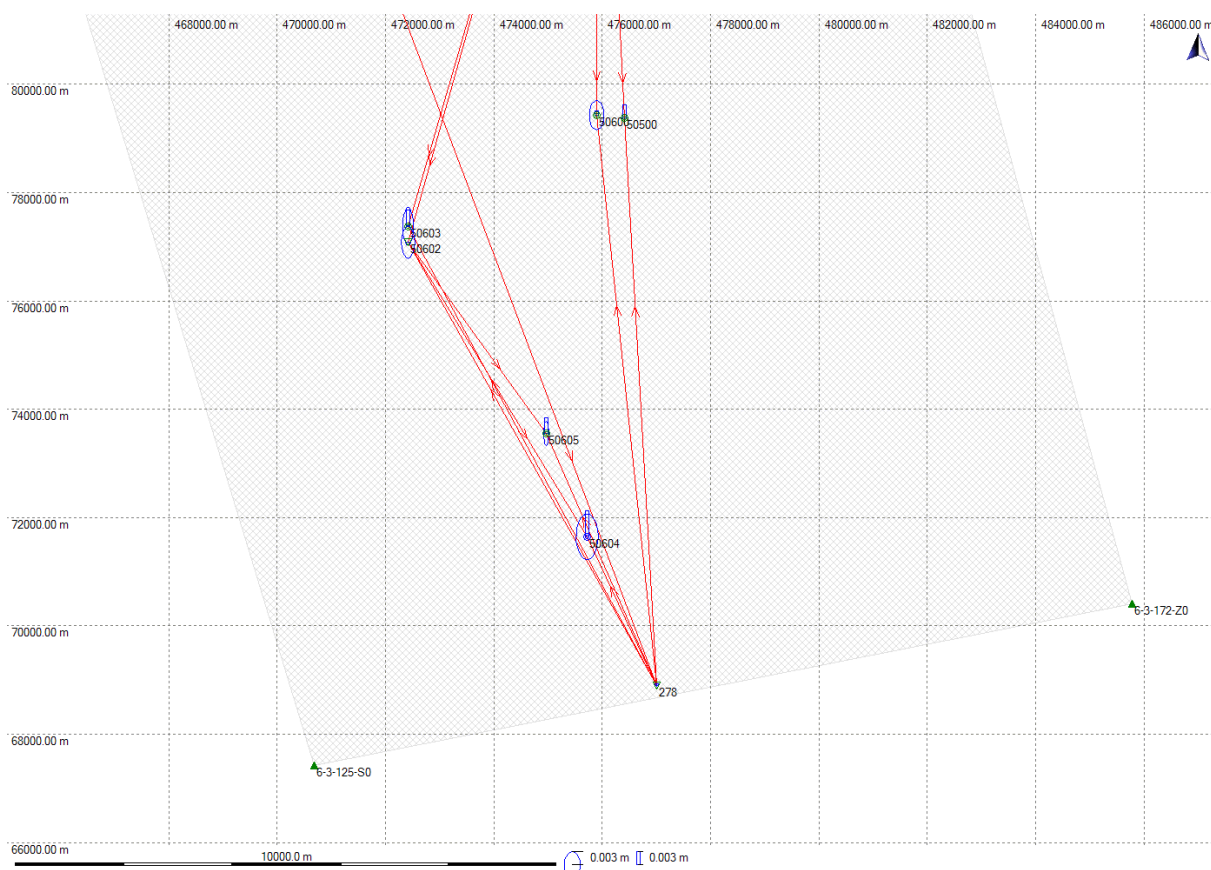
Preglednica 2: Izravnane elipsoidne koordinate nove točke

Izravnane koordinate točke 50596						
Točka	φ_{ETRS}	λ_{ETRS}	h	σ_φ [mm]	σ_λ [mm]	σ_h [mm]
50596	45°57'04,59421"	14°39'21,41166"	379,2638 m	3,2	1,3	0,9

Spodnji sliki prikazujeta območje delovišča Grosuplje-Ortnek, ki pa sta zaradi velikosti območja razbiti na dve sliki. Prikazujeta medsebojno odvisnost merjenih točk, dodane so še elipse pogreškov.



Slika 2: Prikaz baznih vektorjev s pripadajočimi elipsami pogreškov, območje Grosplje



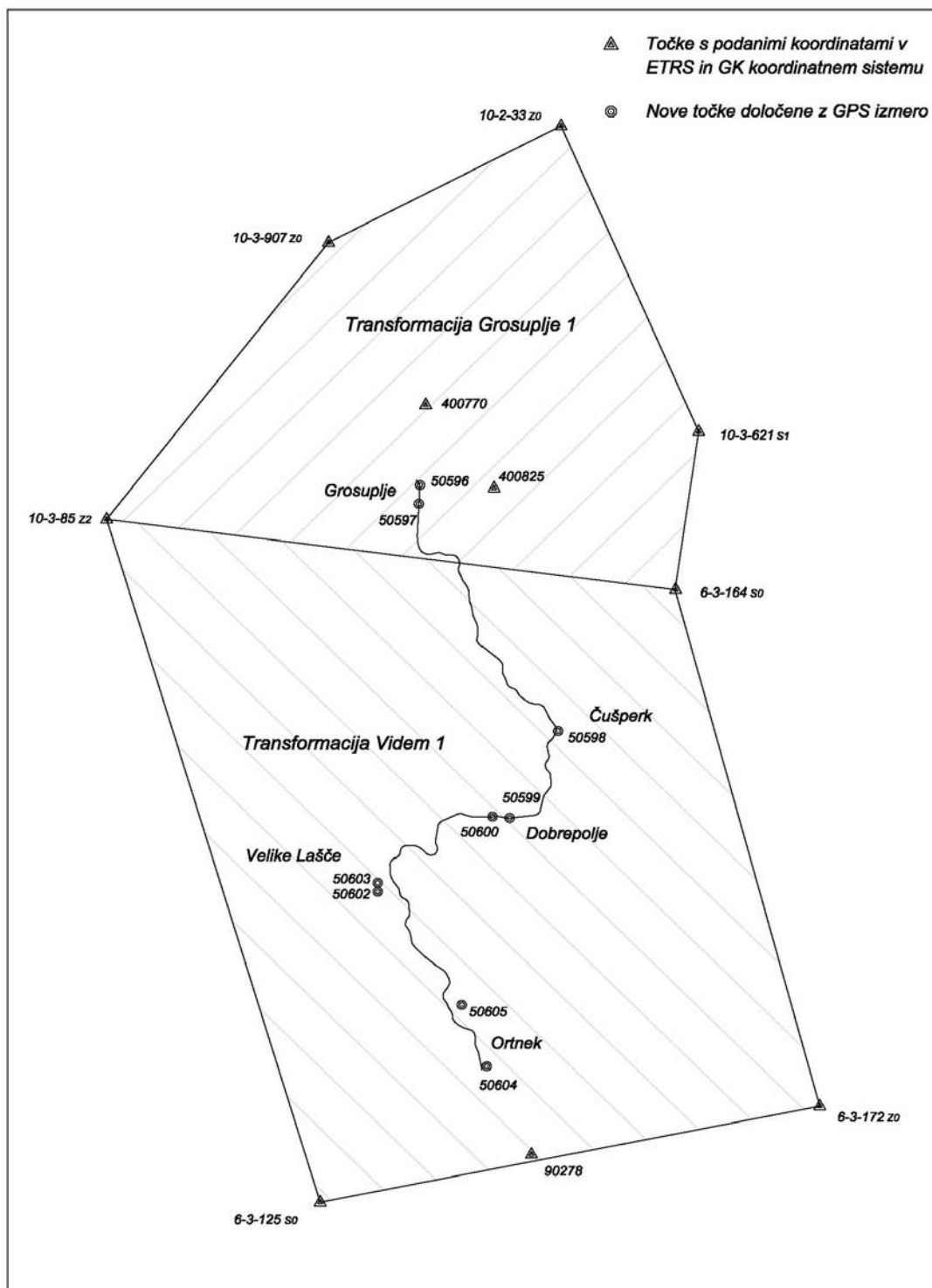
Slika 3: Prikaz baznih vektorjev s pripadajočimi elipsami pogreškov, območje Dobrepolje-Ortnek

3.1.1.1.4.6 Transformacija v državni koordinatni sistem

Vse nove, z GPS izmero dobljene globalne ETRS koordinate, so bile transformirane v državni Gauss – Kruegerjev koordinatni sistem s pomočjo 3D Helmertove sedemparametrične transformacije. Uporabljen je bil Bursa-Wolfov model transformacije, ki temelji na:

- 3 parametri premika, ki predstavljajo premik enega koordinatnega izhodišča v drugega,
- 3 parametri rotacije, ki pomenijo rotacijo posameznih koordinatnih osi prvega koordinatnega sistema, s prijemališčem rotacije v koordinatnem izhodišču, glede na drugega,
- 1 sprememba merila pri prehodu iz enega v drug koordinatni sistem

Za zagotovitev bolj homogene transformacije je bilo delovišče razdeljeno na dva dela, kot kaže spodnja skica



Slika 4: Razdelitev območja za potrebe transformacije

Za območje transformacije »Grosuplje 1«, je bilo izbranih 5 točk, ki imajo podane koordinate v obeh koordinatnih sistemih, v ETRS in državnem koordinatnem sistemu. Zaradi nadštevilnosti vhodnih podatkov se je izvedla izravnava.

Transformacija se je izvedla v programskem orodju Leica Office 4

- Vhodni podatki:

Preglednica 3: Vhodni podatki za transformacijo »Grosuplje 1«

Točke	Y_{G-K}	X_{G-K}	H	X_{WGS}	Y_{WGS}	Z_{WGS}
10-2-33-z0	477961.6400	100907.1500	793.5720	4289382.0289	1126131.4210	4569863.3074
10-3-621-s1	482120.8100	91396.2000	630.4000	4294815.7860	1131894.5852	4563148.0999
10-3-85-z2	464228.7500	88667.2500	419.7200	4301149.3339	1115065.9531	4561044.5820
10-3-907-z0	470935.4700	97282.4800	301.2700	4293371.6038	1119927.0143	4566971.6042
6-3-164-z0	481408.3600	86475.5200	629.8900	4298415.2168	1132121.2037	4559724.0045

- Izračunani parametri transformacije:

Preglednica 4: Izračunani parametri transformacije »Grosuplje 1«

Δx [m]	Δy [m]	Δz [m]	ω_x ["]	ω_y ["]	ω_z ["]	M [ppm]
-501.1118 m	-176.5659 m	-361.7660 m	6.61621 "	0.70555 "	-12.36713 "	-19.4314ppm

- Popravki vhodnih podatkov:

Preglednica 5: Popravki vhodnih podatkov za »Grosuplje 1«

Točke	ΔY_{G-K}	ΔX_{G-K}	ΔH	ΔX_{WGS}	ΔY_{WGS}	ΔZ_{WGS}
10-2-33-z0	-0.0014 m	-0.0199 m	0.0860 m	-0.0189 m	0.0643 m	0.0575 m
10-3-621-s1	-0.0492 m	-0.0119 m	-0.0611 m	0.0010 m	-0.0061 m	-0.0791 m
10-3-85-z2	-0.0344 m	0.0342 m	0.0384 m	0.0418 m	0.0445 m	0.0104 m
10-3-907-z0	0.0163 m	-0.0184 m	-0.0677 m	-0.0219 m	-0.0550 m	-0.0410 m
6-3-164-z0	0.0688 m	0.0160 m	0.0044 m	-0.0021 m	-0.0477 m	0.0523 m

O kvaliteti transformacije lahko sodimo na podlagi velikosti popravkov. Kot je vidno iz tabele je položajno odstopanje v mejah od 1mm do 6,4mm. Pri višinskem gre za večja odstopanja, kar je posledica slabše natančnosti določitev višinske komponente z GPS metodo.

3.1.1.1.4.7 Rezultati podani v državnem koordinatnem sistemu

Kot končni rezultat GPS izmere nas zanimajo koordinate novih točk v državnem koordinatnem sistemu, ki jih dobimo z izračunanimi transformacijskimi parametri. Tako pridobljene točke so v nadaljevanju služile kot navezovalne točke poligona, merjenega s terestričnimi meritvami.

Preglednica 6: Rezultati merjenih točk s pripadajočimi natančnostmi

	Y_{G-K}	X_{G-K}	H	σ_Y [m]	σ_X [m]	σ_H [m]
50596	473699.0085	89732.7062	332.8277	0.0013	0.0032	0.0009
50597	473661.8526	89153.6657	329.4078	0.0045	0.0014	0.0017

V zgornji preglednici so predstavljene koordinate navezovalnih točk v državnem koordinatnem sistemu, izmerjenih z GPS metodo. Dobljena natančnost omogoča, da tako pridobljene točke služijo kot navezovalne točke geodetske mreže, merjene s terestričnimi meritvami.

3.1.1.2 Terestrična mreža

Za razvoj geodetske položajne mreže se v praksi največkrat uporabljajo kombinirane triangulacijsko-trilateracijske mreže ali poligonske mreže, v katerih merimo kote in dolžine. Pri tem pa je potrebno uskladiti natančnost kotnih in dolžinskih opazovanj. S kombinacijo kotnih in dolžinskih meritev lahko nadomestimo slabosti neugodnih oblik mreže, v katere nas prisili konfiguracija terena ali pa oblika obravnavanega objekta.

Pri zgotitvi poligona je potrebno upoštevati pravilo, da se poligonska mreža razvija po principu »iz velikega v malo«. Pri tem lahko uporabimo več vrst poligonov, ki se ločijo glede na izračun novih točk.

Z namenom zagotovitve dovolj kakovostne poligonske mreže, ni dovolj samo izbira vrste poligona, temveč je potrebno izbrati tudi pravilno metodo izmere. Ker poligonska mreža temelji na opazovanju smeri in dolžin, je potrebno uskladiti metode posameznih opazovanj, ki vodijo in zagotavljajo podobno natančnost.

3.1.1.2.1 Merjenje horizontalnih kotov

Girusna metoda predstavlja osnovno metodo za merjenje smeri. Gre za merjenje v obeh krožnih legah kar eliminira vrsto pogreškov, katerih izvor je v instrumentariju. Tako je pri razvoju novega poligona nujno potrebna.

Za doseg boljše natančnosti, se na posameznem stojišču izvede večje število girusov.

Rezultat girusne metode so orintirane smeri, ki so mersko odvisne in se nanašajo na začetno smer.

Natančnosti, ki jih dosežemo pri merjenju po girusni metodi je odražena s standardnim odklonom opazovane smeri v enem girusu:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{[vv]}{N-u}} \quad (1)$$

pri čemer je:

v - popravek;

u – število nujno potrebnih opazovanj;

N - celotno število meritev, ki je definirano z enačbo:

$$N = s \cdot n \quad (2)$$

pri čemer je:

s – število smeri;

n – število girusov;

- Razlika smeri od aritmetične sredine:

$$\Delta a_{ij} = \bar{a}_i - a_{ij} \quad (3)$$

Pri čemer je:

a_{ij} – reducirana i -ta smer v j -tem girusu;

- Izračun popravka opazovane smeri je definiran:

$$v_{ij} = \Delta a_{ij} - \varepsilon_j \quad (4)$$

- Pogrešek začetne smeri v j -tem girusu:

$$\varepsilon_j = \frac{[\Delta a]_j}{s} \quad (5)$$

- Popravek za vsak posamezen girus izrazimo kot:

$$v_{ij}^2 = \Delta a_{ij}^2 - 2 \cdot \Delta a_{ij} \cdot \varepsilon_j + \varepsilon_j^2 \quad (6)$$

- Vsota kvadratov popravkov:

$$[vv] = \sum_{j=1}^n [\Delta a^2]_j - \frac{1}{s} \sum [\Delta a^2]_j \quad (7)$$

3.1.1.2.2 Merjenje dolžin

Merjenje dolžin pomeni določitev prostorske poševne dolžine med dvema točkama. Meritve se izvajajo z elektronskimi razdaljmeri, vrednosti ki jih pa pri tem dobimo ni mogoče direktno vključiti v izračun poligonske mreže. Na terenu dejansko izmerimo dolžino med dvema točkama, ki je največkrat poševna, zaradi meteoroloških vplivov tudi ukrivljena. Ker je dolžina merjena na neki nadmorski višini, še ni uporabna za računanje na neki skupni površini (ničelna nivojska ploskev). Merjeno dolžino moramo zato reducirati, kar pomeni, da jo popravimo na neko izračunano vrednost.

Katere popravke bomo pri tem upoštevali, pa je odvisno od želene natančnosti. V splošnem lahko popravke delimo na:

- vpliv sistematičnih pogreškov razdaljemera,
- meteorološke vplive,
- geometrični popravki in
- projekcijske popravki.

Za potrebe katastrske izmere, je nepotrebno upoštevati vse navedene popravke, za vzpostavitev poligonske mreže višje natančnosti pa je upoštevanje vplivov nujno potrebno. Zato se pri natančnejših meritvah izvaja poleg meritve dolžin še meritve meteoroloških parametrov.

- Vpliv sistematičnih pogreškov razdaljemera

Vpliv sistematičnih pogreškov razdaljemera lahko predstavimo z adicijsko in multiplikacijsko konstanto, ki ju določimo na podlagi preizkusov na tesni bazi.

Adicijska konstanta je vsota obeh ekscentricitet

- ekscentricitete refrenčnega signala (posledica geometrične poti referenčnega signala in elektronskih zakasnitev v posameznih delih instrumenta)
- ekscentriciteta merskega signala, ki je posledica geometrične poti merskega signala skozi prizmo reflektorja in od položaja poti merskega signala skozi prizmo reflektorja in od položaja prizme glede na stojiščno os reflektorja.

Multiplikacijska konstanta je kvocient nominalne in dejanske modulacijske frekvence in opisuje merilo razdaljemera. Določena je na podlagi kontrole frekvenc.

Vpliv obeh konstant izračunamo po enačbi:

$$D_a = D_0' \cdot k_m + k_a \quad (1)$$

Pri čemer je:

D_0' - z razdaljemerom izmerjena dolžina

k_m - multiplikacijska konstanta

k_a - adicijska konstanta

Sodobni razdaljemerji omogočajo vnos obeh konstant v programsko operemo, tako da ni potrebno naknadno upoštevati popravkov.

- **Meteorološki vpliv**

Meteorološki vpliv se izražajo preko dveh popravkov: prvi popravek hitrosti in drugi popravek hitrosti. Oba temeljita na predpostavki, da žarek potuje po atmosferi, katere parametri se razlikujejo od referenčnih parametrov, ki jih navaja proizvajalec opreme. Kako pa te spremembe vplivajo na izmerjeno dolžino, je vključeno v prvi in drugi popravek hitrosti.

1. popravek hitrosti

To je popravek zaradi meteoroloških vplivov. Razdaljemerji merijo dolžino, ki se nanaša na modulirano valovno dolžino, ki ima nominalno vrednost. Le-ta se nanaša na referenčni lomni količnik in s tem na točno določeno referenčno hitrost. Referenčni lomni količnik se nanaša na izbrane pogoje v atmosferi (te parametre določi proizvajalec). Zaradi sprememb v atmosferi je potrebno upoštevati razlike v meteoroloških parametrih.

Posledično je potrebno pri merjenju dolžin meriti temperaturo, vlažnost in zračni tlak. Prvi popravek hitrosti, pomeni korekcijo dolžine, zaradi navedenih sprememb. Izračuna se po enačbi:

$$k_n = D_a \cdot (n_0 - n_D) \quad (2)$$

pri čemer je:

D_a -izmerjena dolžina z razdaljemerom

n_0 - nominalni lomni količnik

n_D - dejanski lomni količnik

2. popravek hitrosti

Pri daljših dolžinah določamo srednjo vrednost lomnega količnika, ki ga dobimo tako, da na začetni in končni točki merimo meteorološke parametre. Pri tem smo predpostavili, da se dejanski lomni količnik spreminja linearno. Sprememba dejanskega lomnega količnika pa je odvisna tudi od višine vizure nad Zemljo. Predpostavka je pravilna v primeru, ko je vertikalna komponenta prostorske krivulje enaka ukrivljenosti površja Zemlje. To se v praksi redko pojavlja, zato je potrebno pri daljših dolžinah upoštevati, da svetlobni žarek zaradi manjše ukrivljenosti poteka skozi plasti bližje površini. Ustrezní popravek dolžine (drugi popravek hitrosti), se izračuna po enačbi:

$$k_{\Delta n} = -D \cdot \Delta n = -(k - k^2) \cdot \frac{D^3}{12R^2} \quad (3)$$

Pri čemer je:

k -refrakcijski koeficient

R -polmer Zemlje

D -dolžina poti svetlobnega žarka, ki potuje po prostorski refrakcijski krivulji

Dolžina izražena z upoštevanjem obeh popravkov:

$$D = D_a + k_n + k_{\Delta n} \quad (4)$$

- Geometrični popravek

Geometrični popravek pomeni upoštevati ukrivljenost refrakcijske krivulje, upoštevanje horizontalnih in vertikalnih ekscentricitet razdaljemera in reflektorja.

Popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka

S tem je potrebno določiti razliko med refrakcijsko krivuljo in pripadajočo tetivo. Dolžino tetive izračunamo po formuli:

$$S_k = D + \left(-k^2 \cdot \frac{D^3}{24R^2}\right) \quad (5)$$

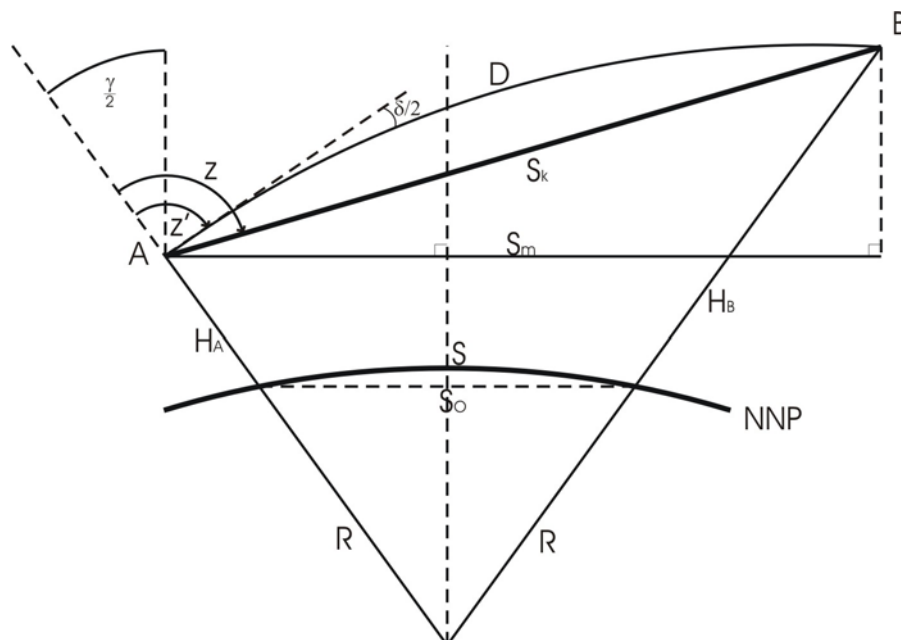
pri čemer je:

D-dejansko izmerjena prostorska krivulja

k-koeficient refrakcije, ki je najpogosteje prevzeta vrednost, za naše kraje 0,13.

- Projekcijski popravek

Upoštevanje projekcijskih popravkov pomeni prehod s prostorske poševne dolžine na nivoju točk na sferni lok S v nivoju referenčnega horizonta ter nato v izbrano projekcijsko ravnino. (Kogoj D.2000, Merjenje dolžin z elektronskim razdaljemerom):



Slika 5: Postopna redukcija dolžin

a.) Redukcija na horizont:

Izmerjeno dolžino D popravimo za vpliv refrakcije in dobimo prostorsko tetivo S_k , ki jo reduciramo na srednjo nadmorsko višino H_m .

$$H_m = \frac{H_A + H_B}{2} \quad (6)$$

$$S_m = S_k \cdot \sin\left(z - \frac{\gamma}{2}\right) \quad (7)$$

Pri čemer je:

S_m -reducirana dolžina na srednjo nadmorsko višino

z - popravljena zenitna razdalja za refrakcijski kot $\delta/2$. Popravljeno zenitno razdaljo izračunano, da opazovani zenitni razdalji z' prištejemo refrakcijski kot:

$$z = z' + \frac{\delta}{2} \quad (8)$$

Tako lahko S_m zapišemo kot:

$$S_m = S_k \cdot \sin\left(z' + \frac{\delta}{2} - \frac{\gamma}{2}\right) \quad (9)$$

ali

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{S_k \cdot \sin z'}{2R} \quad \text{za} \quad z' \approx z \quad (10)$$

$$\frac{\delta}{2} = \frac{S_k}{2R} \cdot k \quad (11)$$

b.) Redukcija na ničelni nivo

Nadaljnja redukcija na referenčni horizont S_0 (ničelno nivojsko ploskev) in na sferno dolžino S sledi po znanih enačbah:

$$S_0 = S_m \cdot \left(\frac{R}{R + H_m}\right) \quad (12)$$

$$S = S_0 + k_R = S_0 + \frac{S_0^3}{24R^2}$$

Pri čemer člen k_R predstavlja redukcijo ukrivljenosti Zemlje.

c.) Redukcija na Gauss-Kruegerjevo projekcijsko ravnino

Kot končni rezultat redukcije dolžine je predstavitev dolžine v državni kartografski projekciji, ki temelji na projekciji na prečni valj, ki tangira zemeljsko oblo na 15. meridianu. Pri tem je potrebno poudariti, da se na sferi linije, ki povezujejo točke z istimi x koordinatami z oddaljenostjo od dotikalnega meridiana približujejo in konvergirajo v prečnem, v ravnini pa te linije rišemo kot vzporednice. Zaradi tega smer in dolžina AB na referenčni ploskvi ne bo odgovarjala smeri in dolžini AB njene upodobitve v projekcijski ravnini v osnovnem merilu. (Kogoj D. 2000. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji.)

Linearna projekcijsko merilo, ki zagotavlja konformnost projekcije znaša:

$$m = 1 + \frac{\bar{y}^2}{2R^2} + \frac{\bar{y}^4}{24R^2} + \dots \quad (13)$$

\bar{y} -predstavlja srednjo oddaljenost od dotikalnega meridiana

Iz tega sledi dolžinska deformacija:

$$k_{GK} \approx \frac{\bar{y}^2}{2R^2} \cdot S \quad (14)$$

d.) moduliranje Gauss Kruegerjevih koordinat

Zaradi oddaljevanjem od meridiana se deformacije povečujejo. Po zgornji enačbi na robu cone dosežemo deformacijo 20cm/km. Postavljena je zahteva po zagotovitvi natančnosti 1:10000. To dosežemo z modulacijo-zmanjšanjem merila. Vse koordinate pomnožimo z modulom:

$$\begin{aligned} m_0 &= 1 - 0.0001 = 0.9999 \\ y &= m_0 \cdot \bar{y} \\ x &= m_0 \cdot \bar{x} \end{aligned} \quad (15)$$

S tem dosežemo, da se dolžinske deformacije razporedijo po celotni coni in ne presegajo natančnosti 1:10000.

Zato bi morali pri redukciji dolžine reducirati koordinate obeh stojišč, to pa poenostavimo tako, da izračunamo srednji koordinati:

$$\bar{y}_m = \frac{\bar{y}_A + \bar{y}_B}{2} \quad (16)$$

In reducirano dolžino:

$$S_{GK} = S \cdot \left(1 + \frac{\bar{y}_m^2}{2R^2} - 0.0001 \right) \quad (17)$$

3.1.1.2.3 Projekt vzpostavitve poligonske mreže Grosuplje-Ortnek

Na podlagi zahteve o vzpostavitvi homogene mreže in na podlagi predhodno določenih navezovalnih točk z GPS metodo, je bilo potrebno vzpostaviti še mrežo geodetskih točk vzdolž železniške proge Grosuplje-Ortnek.

Pri tem je bila podana zahteva s strani investitorja o zagotovitvi lokalnega koordinatnega sistema, ki naj bi omogočil minimalno deformacijo dolžin na projekcijski ploskvi.

Zaradi obsežnega območja in terminskih omejitev, je bil predhodno izdelan terminski plan, ki je določil časovne okvirje za posamezno fazo geodetskih del:

3.1.1.2.3.1 Rekognosciranje in stabilizacija poligonske mreže

Podatki pridobljeni iz uradnih evidenc in podatki GPS izmere, so služili kot vhodni podatki za lociranje novih točk. Pri tem so bili sprejeti nekateri kriteriji, ki zagotavljajo kakovostno stabilizacijo in izvedbo geodetske mreže. Zaradi konfiguracije terena in oblike obstoječe proge je bil sprejet kriterij o dolžini poligonske stranice, ki naj bi v povprečju znašala 170m, pri tem pa naj odstopanja ne bi bila večja od razmerja 1:3.

Na celotnem območju, dolgem 27km, smo stabilizirali 170 novih točk. Točke smo stabilizirali v koridoriju 15m od osi proge, kar je posledica konfiguracije terena, saj smo le tako lahko dosegli medsebojno vidnost točk. Tip stabilizacije je bil odvisen od dostopnosti terena in konfiguracije terena. Pri tem je bila sprejeta odločitev, da je potrebno na vsakih 500m zagotoviti par trajno stabiliziranih točk, ki so vrane pred uničenjem in ležijo na geološko stabilnih tleh, saj se je potrebno zavedati, da bo pri rekonstrukciji proge prišlo do posegov v samo železniško infrastrukturo in bližnjo okolico. Tako bo zagotovo prišlo do uničenja nekaterih detajlnih točk, ki ležijo v neposredni bližini proge. Tako bo moč iz trajno stabiliziranih parov točk ponovno zgostiti geodetsko mrežo.

Za vse novo stabilizirane točke so se izrisale topografije, ki vključujejo vrsto stabilizacije, opis mikrolokacije in koordinate podane v lokalnem in državnem koordinatnem sistemu.

3.1.1.2.2 Projekt terestrične izmere

Pri projektu terestrične izmere je bila sprejeta odločitev, da je za merjenje horizontalnih kotov najbolj primerna Girusna metoda. Predvidene so bile meritve v najmanj 3 girusih, v primeru večjih odstopanj se je število girusov povečalo. Poleg merjenih horizontalnih smeri so se proti vsaki točki merile tudi dolžine in vertikalni koti. To pomeni, da se je vsaka stranica merila šestkrat, dvakrat neodvisno. Na vsakem stojišču so se izvedle meritve temperature in zračnega tlaka, ki omogočajo upoštevanje atmosferskih vplivov na merjene dolžine.

Instrumentarij, ki je bil razpoložljiv za določanje horizontalne mreže, je bil predhodno testiran, za vsak instrumentarij je bil pridobljen certifikat natančnosti. V izmeri horizontalne mreže sta bila uporabljena naslednja instrumentna s pripadajočo opremo:

- Leica TCR 1201

$$\sigma_{Hz} = \pm 1''$$

$$\sigma_d = 2mm + 2mm / km$$

- Teodolit Wild T2000 in razdaljemer Wild DI5

$$\sigma_{Hz} = \pm 1''$$

$$\sigma_d = 3mm + 2mm / km$$

3.1.1.2.3 Obdelava terestrične izmere

Glede na zahteve investitorja in dinamike izvajanja terskih meritev je bilo celotno območje Grosuplje-Ortnek razdeljeno na dva območja:

- območje Grosuplje-Dobrepolje
- območje Dobrepolje-Ortnek

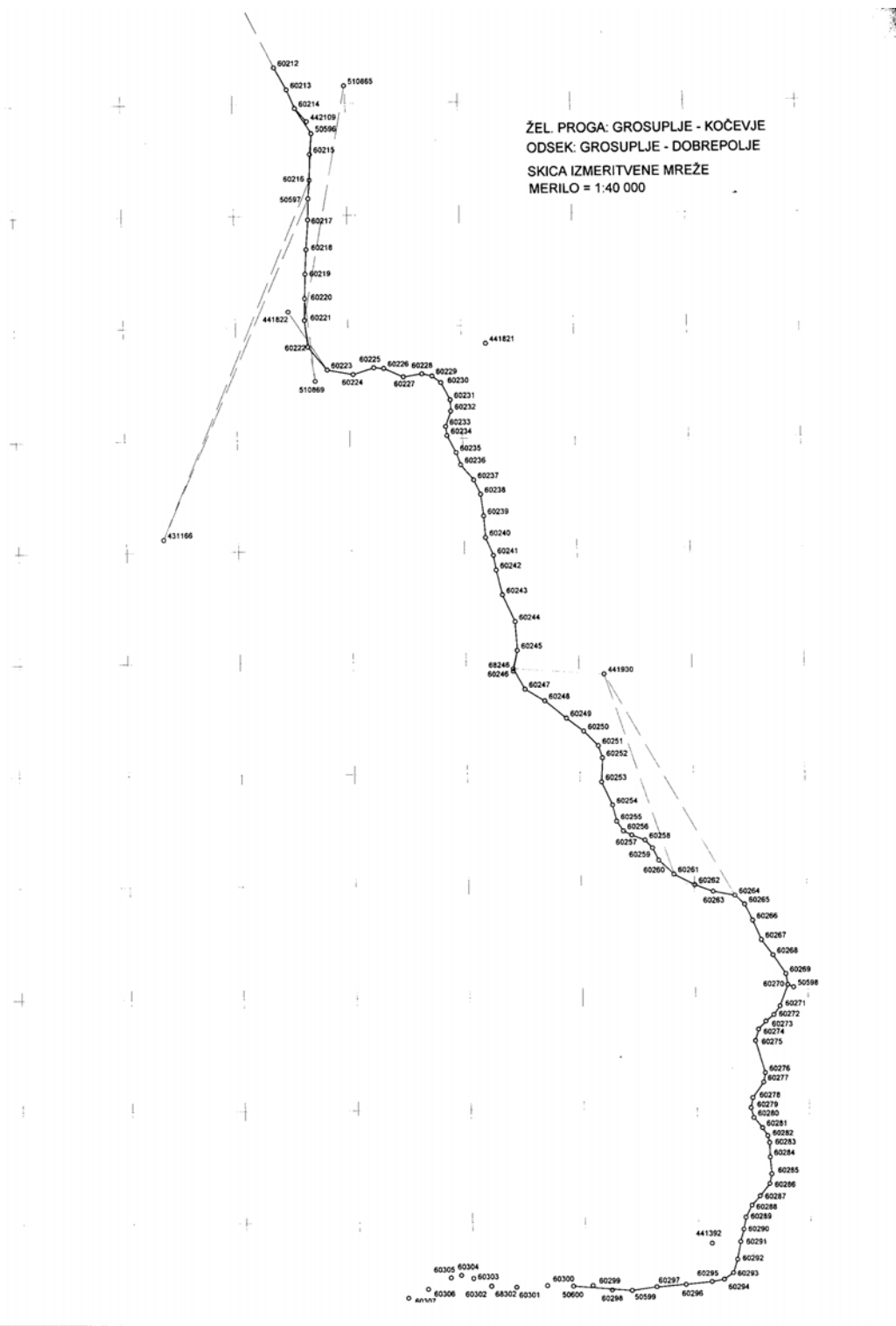
Ena izmed poglavitnih zahtev investitorja je bila vzpostavitev lokalnega koordinatnega sistema, v katerem so bodo izvajala projektantska dela. Glavna lastnost lokalnega

koordinatnega sistema naj bi bilo zagotovitev čim manjše deformacije dolžin. To je moč doseči s spremenjeno projekcijsko ravnino. Dolžino je potrebno reducirati na nek srednji nivo, katere višina je določena s srednjo vrednostjo nadmorske višine poligonskih točk.

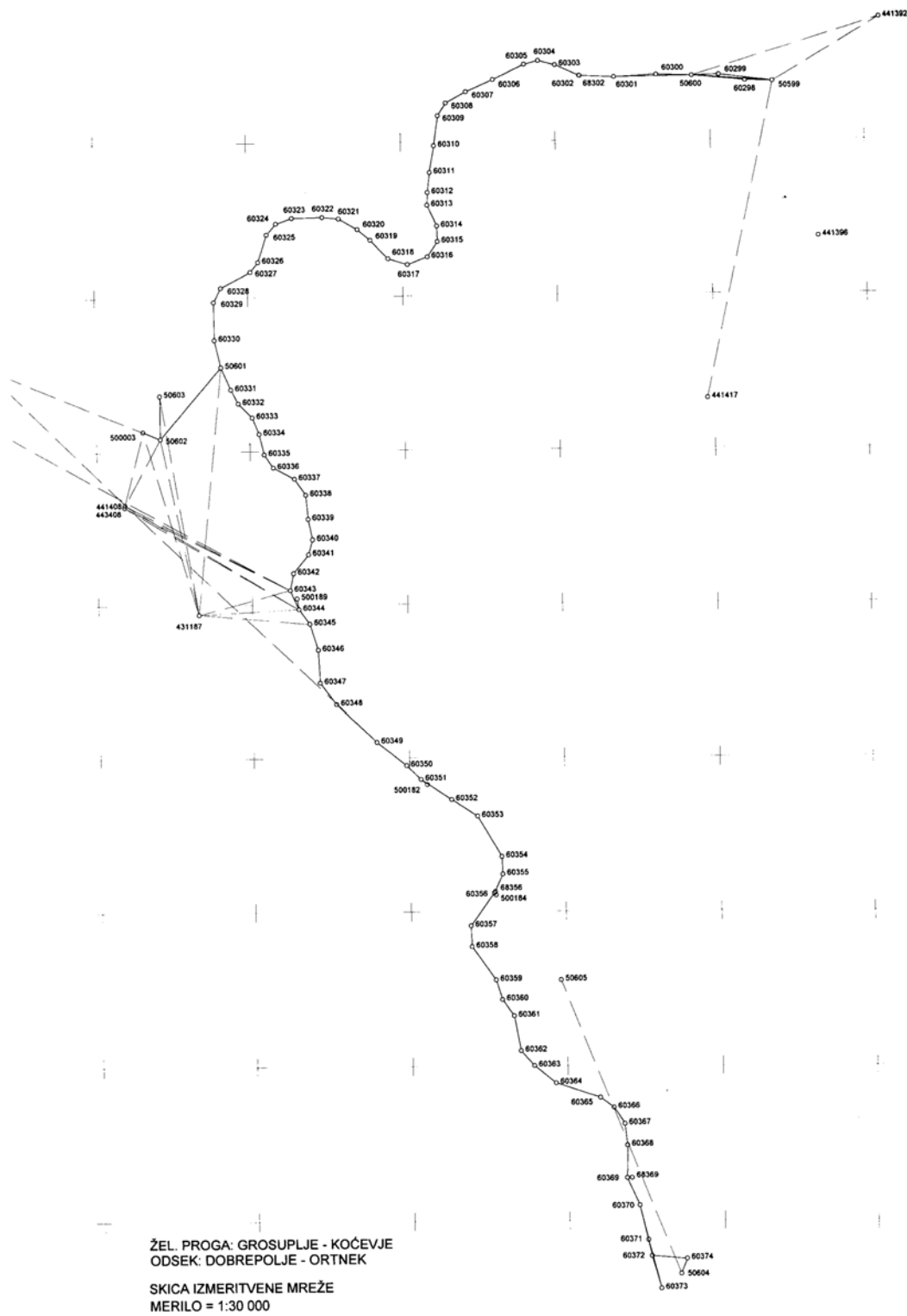
Princip določitve lokalnega koordinatnega sistema je bil, da se izhodišče lokalnega koordinatnega sistema naveže na eno točko državnega koordinatnega sistema. Koordinata izhodiščne točke je enaka koordinati državnega koordinatnega sistema, le da se za potrebe preglednosti Y koordinata zmanjša za 400000m. Orientacija lokalne mreže je identična državnemu sistemu v dveh točkah. Na podlagi tako pridobljenega izhodišča se izvede izračun slepega poligona, pri čemer so iz vhodnih podatkov izvzete navezovalne točke, ki so bile uporabljene pri izračunu v državnem sistemu.

Terenski podatki so bili obdelani s standardno programsko opremo za položajne mreže:

- Najprej so bili obdelani surovi terenski podatki izračun redukcij zaradi atmosferskih vplivov.
- V drugem koraku je bil izveden račun redukcije stranice na srednji horizont ter izračun višinske razlike na osnovi obojestranskih smeri.
- Po izračunu približnih koordinat novih točk se je računala redukcija stranic v Gauss Kruegerjevo projekcijo.
- Temu je sledil izravnava mreže v državnem koordinatnem sistemu D48 z upoštevanjem pogoja $[pvv]=\text{minimum}$, kjer so glede na razdalje stranic in opazovanih smeri izračunane ustrezne uteži opazovanih elementov.
- Na koncu je bila celotna mreža izračunana še v lokalnem sistemu, z upoštevanjem uteži, izračunanih iz razdalj stranic in opazovanih smeri.



Slika 6: Skica izmeritvene mreže za območje Grosuplje-Dobropolje



Slika 7: Skica izmeritvene mreže za območje Dobropolje-Ortnek

Znotraj posameznega območja je pri izračunu prišlo do delitve na dva segmenta, kar se je izkazalo kot nujno potrebno, saj zaradi velikih višinskih razlik vzdolž železniške proge ni bilo moč določiti enotnega faktorja, ki bi zagotavljal ohranjenost dolžin. Z delitvijo posameznega območja na dva segmenta smo dosegli, da razlika med horizontalnimi in reduciranimi dolžinami na srednjo višino ni presega kriterija 1mm/100m.

Preglednica 7: Analize položajnih izravnjav v državnem koordinatnem sistemu

Poligon (vključene točke)	Srednji pogrešek smeri ["]	Srednji pogrešek dolžin [mm]	Maksimalni položajni pogrešek [mm]	Minimalni položajni pogrešek [mm]	Srednji položajni pogrešek [mm]
60298-60330	2,5 "	8 mm	54 mm	5 mm	37 mm
60331-60374	2,6 "	13 mm	46 mm	6 mm	27 mm
60270-60297	7 "	3 mm	19 mm	2 mm	13 mm
60212-60269	2,2 "	11 mm	62 mm	5 mm	35 mm

Izhodišče lokalnega koordinatnega sistema je v točki 50599, ki ima enake koordinate kot v državnem koordinatnem sistemu z zmanjšano Y koordinato za 400000m. Orientacija lokalne mreže je izvedena na osnovi državne mreže v točkah 50599 in 50600.

Na podlagi teh podatkov lahko govorimo o izravnavi proste mreže, katere pogreške lahko interpretiramo kot pogrešek v slepem poligonu, kjer so vrednosti zaradi seštevanja napak na koncu niza občutne, vendar ta pristop izravnave zagotavlja optimalne rezultate med sosednjimi točkami, kar je za namen, za katerega je mreža vzpostavljena bistveno.

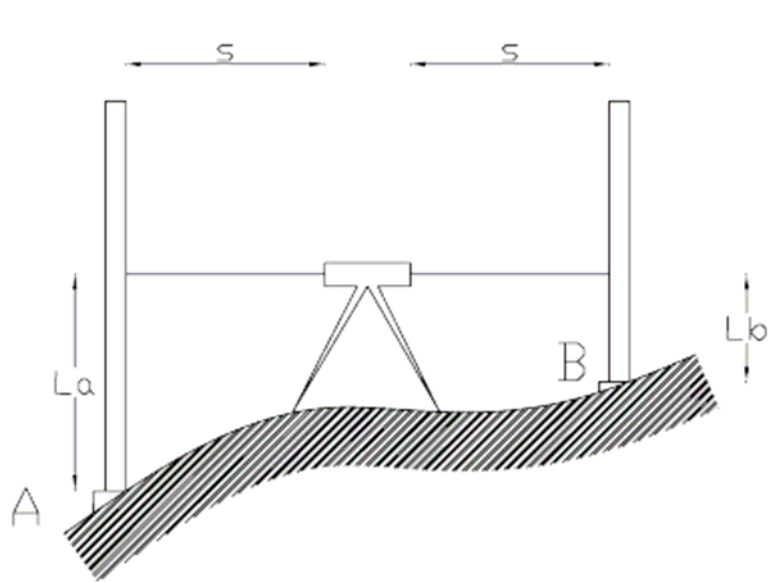
3.1.1.3 Višinska mreža

3.1.1.3.1 Geometrični nivelman

Osnovna lastnost geometričnega nivelmana predstavlja določitev višinskih razlik med točkami. Gre za najnatančnejšo geodetsko nalogo, v osnovi je zelo enostaven. Posledica visoke natančnosti, ki jo omogoča nivleman, je široka uporabnost v praksi.

3.1.1.3.2 Osnovni princip nivelmana

Za merjenje potrebujemo nivelir-instrument, ki zagotavlja horizontalnost vizure, ter nivelmansko lato. Samo merjenje pomeni čitanje razdelbe na vertikalno postavljenih latah.



Slika 8: Geometrični nivelman

Dana količina:

Višina reperja A: H_A

Merjene količine:

Odčitki na lati: L_a, L_b

Izračunana količina:

Višina reperja B: H_B

$$H_B = H_A + L_A - L_B \quad (1)$$

3.1.1.3.3 Nivelmanske mreže

Nivelmanska mreža predstavlja eno izmed osnovnih geodetskih mrež, ki služi kot osnova za višinsko predstavitev detajla. Nivelmanska mreža je stabilizirana s t.i. reperji, kateri imajo določeno višino.

Reperje delimo glede na namen:

- Normalni reper je potrebno stabilizirati na posebno kvaliteten način in ga zavarovati z več bočnimi zavarovanji. Normalni reper zagotavlja višino ničelne nivojske ploskve in predstavlja fizično izhodišče višinskega koordinatnega sistema.
- Fundamentalni reperji so reperji, ki so stabilizirani v osnovni višinski mreži. Vsi vozliščni reperji nivelmana so visoke natančnosti in določeni reperji v nivelmanskih vlakih na daljše razdalje. Za njihovo stabilizacijo potrebujemo geološko stabilen teren. Višine fundamentalnih reperjev določamo z direktno navezavo na normalni reper. Ločimo dva tipa stabilizacije fundamentalnih reperjev: horizontalno stabilizirane in vertikalno stabilizirane reperje. Fundamentalne reperje moramo zavarovati z dvema bočnima zavarovanjema.
- Delovni reperji so na običajen način stabilizirane višinske točke, ki služijo za definiranje višinske mreže in določitev višin detajlnih točk. Ločimo jih na nizke, visoke in talne reperje.

Reperje med seboj povezujemo v:

- nivelmasko linijo; dva med seboj direktno povezana reperja tvorita nivelmasko linijo;
- nivelmaske vlake; večje število med seboj povezanih linij tvorijo nivelmanski vlak;
- nivelmasko mrežo; večje število med seboj povezanih nivelmaskih vlakov tvorijo nivelmasnko mrežo.

Po Pravilniku o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (1981) delimo nivelmaske mreže na rede:

Preglednica 8: Dopustna odstopanja v nivelmanski mreži

Dopustno odstopanje v [mm]			
Red nivelmanske mreže	Merjenja nivelmanske linije v obeh smereh	Sklenjene nivelmanske zanke	Razlike med merjeno in dano višinsko razliko
	$\Delta_l = \Delta h_{ij} - \Delta h_{ji} $	$f_z = [\Delta h]$	$f_v = (H_B - H_A) - [\Delta h]$
A. višji red			
Nivelman visoke natančnosti	$\pm 2 \cdot \sqrt{d_l + 0.004 \cdot d_l^2}$	$\pm 1 \cdot \sqrt{d_z + 0.004 \cdot d_z^2}$	/
Nivelmanska mreža 1.reda	$\pm 3 \cdot \sqrt{d_l + 0.004 \cdot d_l^2}$	/	$\pm 1.5 \cdot \sqrt{d_v + 0.004 \cdot d_v^2}$
Nivelmanska mreža 2.reda	$\pm 4 \cdot \sqrt{d_l + 0.004 \cdot d_l^2}$	/	$\pm 2 \cdot \sqrt{d_v + 0.004 \cdot d_v^2}$
Mestna nivelmanska mreža 1.reda	$\pm 4 \cdot \sqrt{d_l + 0.004 \cdot d_l^2}$	$\pm 2 \cdot \sqrt{d_z + 0.004 \cdot d_z^2}$	/
B. nižji red			
Nivelmanska mreža 3.reda	$\pm 10 \cdot \sqrt{d_l + 0.004 \cdot d_l^2}$	/	$\pm 5 \cdot \sqrt{d_v + 0.004 \cdot d_v^2}$
Nivelmanska mreža 4.reda	$\pm 16 \cdot \sqrt{d_l + 0.006 \cdot d_l^2}$	/	$\pm 8 \cdot \sqrt{d_v + 0.006 \cdot d_v^2}$
Mestna nivelmanska mreža 2.reda	$\pm 6 \cdot \sqrt{d_l + 0.004 \cdot d_l^2}$	/	$\pm 3 \cdot \sqrt{d_v + 0.004 \cdot d_v^2}$

3.1.1.3.4 Projekt vzpostavitve nivelmanske mreže

Pri vzpostavitvi nivelmanske mreže se je potrebno držati pravil, ki nam omogočajo ustrezno vzpostavitev višinske mreže geodetskih točk, katerim želimo določiti višino z neko predvideno natančnostjo.

- Začetni kriteriji:

Začetni kriteriji predstavljajo v naprej znana dejstva, ki jih bomo vključili v projekt:

- zahteve investitorja o natančnosti mreže,
- razpoložljiv instrumentarij in pribor,
- časovni rok investitorja,
- število ekip
- podatki iz uradnih evidenc o obstoječi višinski mreži na obravnavanem območju,
- Rekognosciranje nivelmanske mreže:

Rekognosciranje nivelmanske mreže pomeni, da se na podlagi uradnih evidenc višinske mreže, preveri možnosti zgostitve mreže geodetskih točk na obravnavanem območju. Pri tem se lahko izdelata skica nivelmanske mreže v primernem merilu, glede na obseg obravnavanega območja, kamor se vrtijo položaji obstoječih reperjev, položaji novih reperjev in povezave med reperji. S tako izdelano skico in podatki o obstoječih reperjih se preveri dejansko stanje na terenu.

- **Terminski plan meritev**

Terminski plan se izdelata na podlagi razpoložljivih ekip, podatkov pridobljenih z rekognosciranjem terena in časovnega roka, ki ga poda investitor. Pri tem se upošteva tudi najbolj primeren čas, ko je vpliv refrakcije najmanjši (dopoldanski čas).

3.1.1.3.5 Projekt določitve višin na odseku Grosuplje-Ortnek

Z namenom navezave položajne mreže na višinsko državno mrežo na višinsko mrežo državnega sistema, je bil na obravnavanem območju razvit s pomočjo geometričnega nivelmana.

3.1.1.3.5.1 Začetni kriteriji:

- **Uradne evidence:**

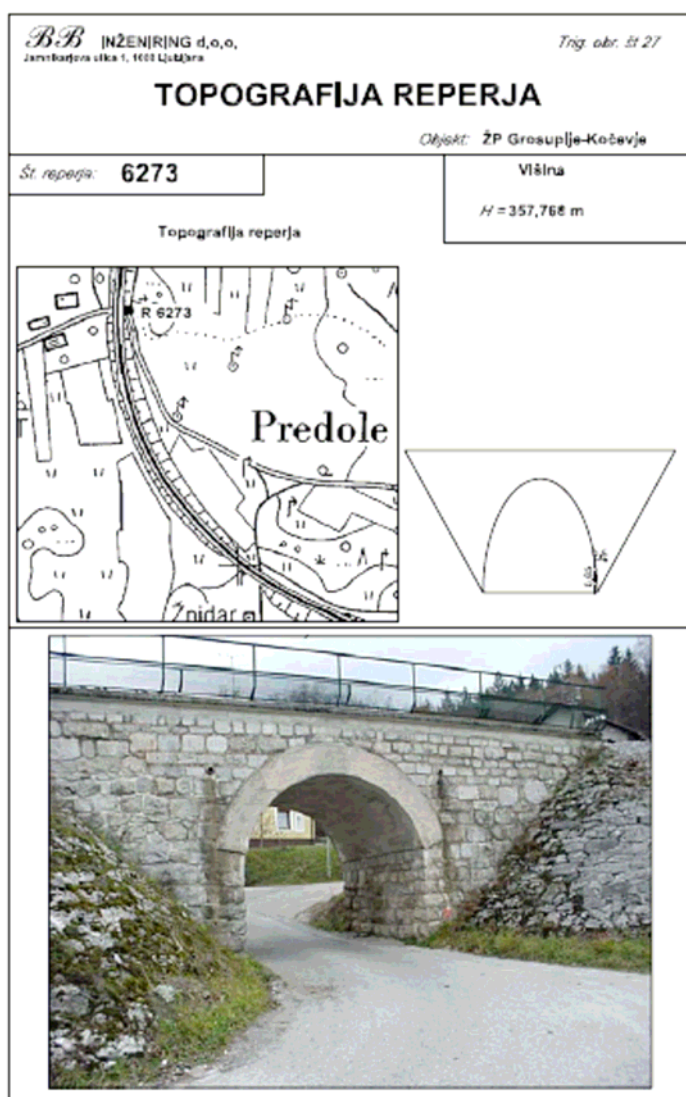
Na podlagi pregleda obstoječih uradnih evidenc višinske mreže, ni bilo moč pričakovati zagotovitve nivelmana visoke natančnosti, saj je na območju Grosuplje-Ortnek slaba pokritost reperjev, tako se je celotna višinska mreža (območja 25 km) navezala na 5 reperjev II.reda.

- **Instrumentarij in pribor**

Elektronski nivelir, Leica NA 3003, z možnostjo odčitavanja črtne kode in natančnostjo $\sigma_{ppm} = \pm 1.2 \text{ mm} / \text{ km}$ pri niveliranju v obeh smereh ter z latami z nanešeno črtno kodo.

3.1.1.3.5.2 Rekognosciranje:

Po pregledu terena ter razpoložljivih evidenc se je sprejela odločitev za stabilizacijo 4 novih reperjev, ki naj bi služili kot višinsko izhodišče poligonske mreže. Za vsak nov reper se je izdelala topografija.

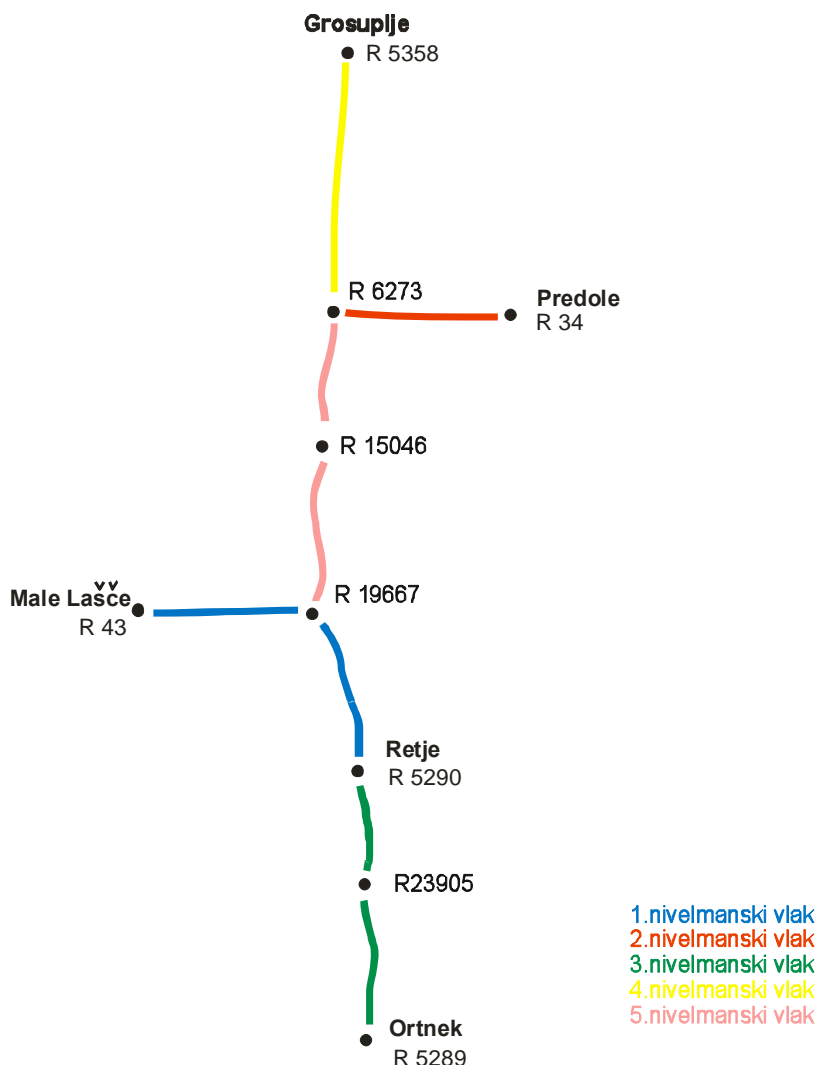


Slika 9: Primer topografije reperja

3.1.1.3.5.3 Metoda merjenja

Predvidena natančnost določitve višine novih reperjev in poligonskih točk je bila v dopustnih odstopanjih nivelmanske mreže IV. reda. Uporabljena je bila metoda niveliranja iz sredine. Za izračun višin so bili predvideni 4. nivelmaski vlaki. Zaradi specifičnosti terena med posameznimi točkami, so bile za nekatere točke določena t.i. območja niveliranja pod posebnimi pogoji, saj bi v nasprotnem primeru le-te kvarila natančnost izračuna posameznega

vlaka. Tako smo poligonske točke, ki so bile bolj oddaljene od same proge izločili iz nivelmanskih vlakov in jih naknadno priklopili v že izravnani nivelmanski vlak.



Slika 14: Skica nivelmanske mreže

3.1.1.3.5.4 Terminski plan meritev

Izvedba meritev se je prilagodila, glede na terminske zahteve, ki so narekovale predhodno zagotovitev poligonske mreže na območju Dobropolje Ortnek.

Meritve so se izvajale 10dni, v dopoldanskem času, ko je vpliv refrakcije čim manjši.

3.1.1.3.5.5 Izračun višin in natančnosti meritev:

Preračun nivelmanske mreže se je izvedel s programskih paketom Leica LevelPak. Izravnava se je izvedla za vsak vlak posebej, tako so se višine novih reperjev in poligonskih točk izravnale znotraj posameznega vlaka.

Pregled nivelmanskih vlakov in izračun dopustnih odstopanj je predstavljen v nadaljevanju:

Preglednica 9: Seznam danih reperjev:

VIŠINE DANIH REPERJEV	
oznaka	višina [m]
5358	332,9214
34	329,5925
43	511.1474
5290	585.8091
5289	537.9615

Preglednica 10 : Odstopanja v posameznem nivelmanskem vlaku

PREGLED NIVELMANSKIH VLAKOV					
Oznaka nivelmanskega vlaka	Dolžina nivelmanskega vlaka [km]	Merjena višinska razlika [m]	Višinska razlika izračunana iz danih reperje [m]	Odstopanje [mm]	Dopustno odstopanje za niv. mreže IV.reda [mm]
1	5,15	74,6805	74,6617	18,8	19,9
2	0,99	0,0019	0,0000	1,9	7,9
3	5,11	47,8672	47,8476	19,6	19,8
4	8,11	29,4265	29,4376	11,1	23,0
5	13,43	169,5285	169,6090	35,5	30,5

Na podlagi podatkov predstavljenih v preglednici (10), lahko razberemo, da so meritve izvedene dovolj kakovostno, tako da ni prišlo do presega dopustnih odstopanj, razen v najdaljšem vlaku, kjer maleknotno, glede na dolžino vlaka presežemo dopustno vrednost. Meritve bi lahko izboljšali z dodatno izmero v eni smeri.

V nadaljevnju bom podrobneje opisal izračun 2. nivelmanskega vlaka, s katerim smo določili višino reperja 6273, ki smo ga v nadaljevanju prevzeli kot danega:

Vhodni podatki za izravnavo in predstavljene približne višine

LevelPak Level Line Report

Project : 2-nivel-R34-R19667
Generated : 11/06/2006 at 10:05:31
Unit : Meter
Level Line : 2-nivel-R34-R6273-R34
Heights : Downloaded

Active Pt Name	Back	Tp.	Intmdt.	Fore	Dist	Height	Comments
x 999034						329.5925	
x 999034	1.07990				11.90		
x 160				1.25210	11.52		
x 160						329.4203	
x 160	2.14260				18.87		
x 161				0.56380	20.44		
x 161						330.9991	
x 161	2.37230				26.79		
x 162				0.52570	27.24		
x 162						332.8458	
x 162	1.94320				27.16		
x 163				1.01570	25.37		
x 163						333.7734	
x 163	1.86180				25.78		
x 164				0.41160	23.38		
x 164						335.2236	
x 164	2.06730				26.28		
x 165				1.38380	25.70		
x 165						335.9071	
x 165	0.95800				26.13		
x 166				2.04710	26.38		
x 166						334.8180	
x 166	1.54140				21.53		
x 167				1.43710	21.14		
x 167						334.9223	
x 167	1.87190				17.10		
x 168				0.73180	17.62		
x 168						336.0623	
x 168	2.38200				12.47		
x 169				0.26010	13.73		
x 169						338.1843	
x 169	2.33750				7.96		
x 170				0.42970	9.82		
x 170						340.0921	
x 170	2.50170				7.26		
x 171				0.41420	8.31		
x 171						342.1796	
x 171	2.47690				7.26		
x 172				0.60600	7.91		
x 172						344.0504	
x 172	2.51860				7.76		
x 173				0.80130	7.16		
x 173						345.7677	
x 173	2.60200				8.61		
x 174				0.63050	8.97		
x 174						347.7392	
x 174	2.59350				8.95		
x 175				0.74840	8.66		
x 175						349.5843	
x 175	2.44290				13.75		
x 176				0.51210	12.75		
x 176						351.5152	
x 176	2.37370				17.72		

»se nadaljuje«

x	177		0.18290	16.94	
x	177				353.7059
x	177	2.43510		26.33	
x	178		1.62150	26.83	
x	178				354.5195
x	178	1.82790		27.24	
x	179		1.28820	26.77	
x	179				355.0592
x	179	2.32240		26.06	
x	180		0.69550	26.33	
x	180				356.6861
x	180	2.35110		26.93	
x	181		1.00970	26.08	
x	181				358.0274
x	181	0.34680		25.07	
x	182		1.60110	21.94	
x	182				356.7731
x	182	0.47180		27.26	
x	183		1.49240	26.06	
x	183				355.7524
x	183	2.20390		26.09	
x	99906273		0.18930	19.69	
x	99906273				357.7670
x	99906273	0.18910		19.70	
x	184		2.20380	26.07	
x	184				355.7523
x	184	1.50340		26.56	
x	185		0.49260	26.70	
x	185				356.7631
x	185	1.94740		24.76	
x	186		0.67820	27.43	
x	186				358.0323
x	186	0.69420		26.34	
x	187		2.22650	26.48	
x	187				356.5000
x	187	0.57380		21.03	
x	188		1.96730	21.29	
x	188				355.1065
x	188	1.39860		26.64	
x	189		1.91410	25.75	
x	189				354.5910
x	189	1.23830		26.43	
x	190		1.69190	27.09	
x	190				354.1374
x	190	0.13490		17.00	
x	191		2.19490	16.56	
x	191				352.0775
x	191	0.17100		13.62	
x	192		2.04770	13.56	
x	192				350.2008
x	192	0.25220		11.95	
x	193		2.18770	8.45	
x	193				348.2653
x	193	0.39120		8.82	
x	194		2.55070	12.88	
x	194				346.1059
x	194	0.28720		7.88	
x	195		2.31080	8.67	
x	195				344.0823
x	195	0.39510		7.13	
x	196		2.25140	7.62	
x	196				342.2260
x	196	0.30790		7.02	
x	197		2.28710	7.67	
x	197				340.2468
x	197	0.45750		7.02	
x	198		2.09980	7.65	
x	198				338.6044
x	198	0.41940		8.58	
x	199		2.06700	9.34	
x	199				336.9568
x	199	0.25000		17.06	

»se nadaljuje«

x	200		2.08740	17.95	
x	200				335.1194
x	200	1.05370		26.39	
x	201		1.35820	27.78	
x	201				334.8149
x	201	1.90250		26.12	
x	202		0.80390	27.76	
x	202				335.9134
x	202	1.26550		26.98	
x	203		2.04200	27.02	
x	203				335.1369
x	203	0.53980		21.55	
x	204		1.81130	22.25	
x	204				333.8665
x	204	0.95210		26.26	
x	205		1.98430	27.88	
x	205				332.8332
x	205	0.68580		26.12	
x	206		2.28870	27.17	
x	206				331.2303
x	206	0.52630		19.99	
x	207		1.95510	19.57	
x	207				329.8014
x	207	1.00930		14.69	
x	999034		1.22010	12.61	
x	999034				329.5906

Na podlagi zgoraj prikazanih podatkov lahko predstavim oceno kakovosti meritev in sicer navezali smo se na dani reper z oznako R_{34} .

Na podlagi merjenih višinskih razlik lahko izračunam višinsko razliko med danim (R_{34}) in novim (R_{6273}) reperjem, saj so se meritve izvedle v obeh smereh.

Višinska razlika v dveh smereh:

○ 1. smer: $\Delta h_{R_{34}}^{R_{6273}} = 28,1745m$

○ 2. smer: $\Delta h_{R_{6273}}^{R_{34}} = 28,1764m$

Dolžina vlaka: $d = 991,07m$

Na osnovi niveliranja v prvi in drugi strani lahko določimo kakovost meritev:

Razlika med merjeno višino v 1. in 2. smeri:

$$\begin{aligned} |\Delta| &= \Delta h_{R_{34}}^{R_{6273}} - \Delta h_{R_{6273}}^{R_{34}} \\ |\Delta| &= 1,9mm \end{aligned} \quad (1)$$

Dopustno odstopanje v obeh smereh (f) za nivelmansko mrežo III.reda:

$$\begin{aligned} f &= \pm 5 \cdot \sqrt{d + 0,004 \cdot d^2} \\ f &= 4.9mm \end{aligned} \quad (2)$$

Ocena natančnosti, na podlagi odstopanj pri zapiranju zanke σ_z :

$$\sigma_z = \pm \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \cdot \left[\frac{\Delta\Delta}{d} \right]} \quad (3)$$

$$\sigma_z = 1,3 \text{ mm / km}$$

Pri izravnavi nivlemanskega vlakaje bil uporabljen princip izravnave z razporeditvijo odstopanj glede na število izmejišč. Izravnana se je izvedla s pomočjo programskega paketa Leica LevelPak.

LevelPak Level Line Report

Project : 2-nivel-R34-R19667
Generated : 11/06/2006 at 11:03:31
Unit : Meter
Level Line : 2-nivel-R34-R6273-R34
Heights : Calculated

Pt Name	Back	Tp.	Intmdt.	Fore	Dist	Height	Comments
x 999034						329.592	
x 999034	1.07990				11.90		
x 160				1.25210	11.52		
x 160						329.420	
x 160	2.14260				18.87		
x 161				0.56380	20.44		
x 161						330.999	
x 161	2.37230				26.79		
x 162				0.52570	27.24		
x 162						332.846	
x 162	1.94320				27.16		
x 163				1.01570	25.37		
x 163						333.773	
x 163	1.86180				25.78		
x 164				0.41160	23.38		
x 164						335.224	
x 164	2.06730				26.28		
x 165				1.38380	25.70		
x 165						335.907	
x 165	0.95800				26.13		
x 166						334.789	
x 166				2.04710	26.38		
x 166						334.818	
x 166	1.54140				21.53		
x 167				1.43710	21.14		
x 167						334.922	
x 167	1.87190				17.10		
x 168				0.73180	17.62		
x 168						336.063	
x 168	2.38200				12.47		
x 169				0.26010	13.73		
x 169						338.184	
x 169	2.33750				7.96		
x 170				0.42970	9.82		
x 170						340.092	
x 170	2.50170				7.26		
x 171				0.41420	8.31		
x 171						342.180	
x 171	2.47690				7.26		

»se nadaljuje«

x 172		0.60600	7.91	
x 172				344.051
x 172	2.51860		7.76	
x 173		0.80130	7.16	
x 173				345.768
x 173	2.60200		8.61	
x 174		0.63050	8.97	
x 174				347.740
x 174	2.59350		8.95	
x 175		0.74840	8.66	
x 175				349.585
x 175	2.44290		13.75	
x 176		0.51210	12.75	
x 176				351.516
x 176	2.37370		17.72	
x 177		0.18290	16.94	
x 177				353.706
x 177	2.43510		26.33	
x 178		1.62150	26.83	
x 178				354.520
x 178	1.82790		27.24	
x 179		1.28820	26.77	
x 179				355.060
x 179	2.32240		26.06	
x 180		0.69550	26.33	
x 180				356.687
x 180	2.35110		26.93	
x 181		1.00970	26.08	
x 181				358.028
x 181	0.34680		25.07	
x 182		1.60110	21.94	
x 182				356.774
x 182	0.47180		27.26	
x 183		1.49240	26.06	
x 183				355.753
x 183	2.20390		26.09	
x 99906273		0.18930	19.69	
x 99906273				357.768
x 99906273	0.18910		19.70	
x 184		2.20380	26.07	
x 184				355.753
x 184	1.50340		26.56	
x 185		0.49260	26.70	
x 185				356.764
x 185	1.94740		24.76	
x 186		0.67820	27.43	
x 186				358.033
x 186	0.69420		26.34	
x 187		2.22650	26.48	
x 187				356.501
x 187	0.57380		21.03	
x 188		1.96730	21.29	
x 188				355.108
x 188	1.39860		26.64	
x 189		1.91410	25.75	
x 189				354.592
x 189	1.23830		26.43	
x 190		1.69190	27.09	
x 190				354.139
x 190	0.13490		17.00	
x 191		2.19490	16.56	
x 191				352.079
x 191	0.17100		13.62	
x 192		2.04770	13.56	
x 192				350.202
x 192	0.25220		11.95	
x 193		2.18770	8.45	
x 193				348.266
193	0.39130		8.82	
x 193	0.39120		8.82	
x 194		2.55070	12.88	
x 194				346.107

»se nadaljuje«

x 194	0.28720		7.88	
x 195		2.31080	8.67	
x 195				344.083
x 195	0.39510		7.13	
x 196		2.25140	7.62	
x 196				342.227
x 196	0.30790		7.02	
x 197		2.28710	7.67	
x 197				340.248
x 197	0.45750		7.02	
x 198		2.09980	7.65	
x 198				338.606
x 198	0.41940		8.58	
x 199		2.06700	9.34	
x 199				336.958
x 199	0.25000		17.06	
x 200		2.08740	17.95	
x 200				335.121
x 200	1.05370		26.39	
x 201		1.35820	27.78	
x 201				334.816
x 201	1.90250		26.12	
x 202		0.80390	27.76	
x 202				335.915
x 202	1.26550		26.98	
x 203		2.04200	27.02	
x 203				335.139
x 203	0.53980		21.55	
x 204		1.81130	22.25	
x 204				333.867
x 204	0.95210		26.26	
x 205		1.98430	27.88	
x 205				332.835
x 205	0.68580		26.12	
x 206		2.28870	27.17	
x 206				331.232
x 206	0.52630		19.99	
x 207		1.95510	19.57	
x 207				329.803
x 207	1.00930		14.69	
x 999034		1.22010	12.61	
x 999034				329.592

Povečanje natančnosti določitve višinskih razlik lahko dosežemo s strogim niveliranjem iz sredine, kar pomeni enake dolžine vizure naprej in nazaj. Poleg tega lahko z določitvijo uteži posameznim odčitkom, obratna vrednost dolžine, izboljšamo sam model izravnave poligonske mreže.

3.2 GEODETSKI NAČRT

Geodetski načrt predstavlja enega izmed pomembnejših elementov projektne dokumentacije. Geodetski načrt služi projektantom kot podlaga za izdelavo projekta. Vsebina in izdelava geodetskega načrta je določena s Pravilnikom o geodetskem načrtu, 2004.

Geodetski načrt se izdelava na podlagi podatkov uradnih evidenc, ki vsebujejo podatke, potrebne za izdelavo geodetskega načrta. Če podatki iz uradnih evidenc niso dovolj vzdrževani, niso dovolj natančni ali so nepopolni oziroma če ne zadoščajo za izdelavo geodetskega načrta, se podatke zajame z geodetsko izmero.

V praksi se pogosto kakovost obstoječih podatkov preveri na podlagi testnih meritev, ki ovrednotijo kakovost izhodiščnih podatkov.

Geodetski načrt sestavljata grafični prikaz in certifikat geodetskega načrta.

3.2.1 Grafični prikaz

Geodetski načrt je prikaz fizičnih struktur in pojavov na zemeljskem površju, nad in pod njim v pomanjšanem merilu po kartografskih pravilih.

Geodetski načrt lahko vsebuje podatke o:

- reliefu
- vodah,
- rastlinstvu,
- stavbah,
- gradbenih inženirskih objektih,
- rabi zemljišč,
- zemljepisnih imenih,
- geodetskih točkah,
- zemljiških parcelah (podatki o mejah zemljiških parcel, številke zemljiških parcel in podatkih o mejah rabe),
- administrativnih mejah in

- drugih fizičnih strukturah in pojavih.

(Pravilnik o geodetskem načrtu, 2004)

3.2.1.a Vsebina grafičnega načrta

Vsebino geodetskega načrta lahko v splošnem predstavlja:

- Topografski načrt – prikaz fizičnih struktur na zemeljskem površju s pomočjo topografskih znakov.
- Zemljiški kataster je uradna evidenca o parcelah in davčni osnovi. Parcela je del zemljišča, ki pripada istim lastnikom in je najmanjša enota v pravnem prometu z zemljišči.
- Načrt komunalnih vodov in naprav-načrt, ki prikazuje potek vodovoda, kanalizacije, električnih vodov, plinovoda, naftovoda in ostalih vodov.
- Dodatna vsebina je največkrat povezana z obstoječimi objekti v območju geodetskega načrta za projektno dokumentacijo.
- Geodetskemu načrtu se priloži legenda, ki običajno prikazuje topografske zanke komunalnih vodov, specifične topografke zanke in mej zemljiških parcel.
- Geodetski načrt je opremljen z okvirjem, v katerem je prikazana koordinatna mreža.
- Glavo geodetskega načrta, v kateri navedemo osnovne podatke o geodetskem načrtu:
 - o ime podjetje, pri katerem je bil geodetski načrt izdelan,
 - o naročnik geodetskega načrta,
 - o predmet izdelave geodetskega načrta oz. namen,
 - o številko delovnega naloga,
 - o ime in številko katastrske občine h kateri pripada območje,
 - o merilo načrta,
 - o datum izdelave,
 - o ime geodeta, ki je načrt izdelal in njegov podpis,
 - o ime odgovornega geodeta, ki je geodetski načrt pregledal in potrdil ter njegova identifikacijska številka in
 - o ime ter žig podjetja.

3.2.1.b Topografski ključ

Topografski ključ je knjižnica topografskih znakov, le-ta pa predstavlja prikaz grafičnega oblikovanja topografskih znakov za posamezne vsebine geodetskih načrtov. V začetku avgusta 2004 je Geodetska uprava Republike Slovenije izdala topografski ključ za izdelavo in uporabo geodetskih načrtov v merilih večjih od merila 1:5000, v marcu 2005 je izšel dopolnjen topografski ključ.

Topografski ključ vsebuje:

- navodila za izdelavo in uporabo geodetskih načrtov,
- pojasnila o matematični osnovi geodetskih načrtov,
- navodila za izris geodetskih načrtov na fizičnem nosilcu in
- nabor znakov za prikaz vsebine geodetskega načrta z navodilom o oblikovanju pisav.

Prikazane velikosti topografskih znakov so prirejene izrisu geodetskega načrta v merilu 1:500 in veljajo za vse izrise v merilu večjem kot 1:1500. V primeru izrisa v manjšem merilu je treba vse točkovne topografske znake in napise pomanjšati s faktorjem 1,5 za vse izrise v merilih od 1:1500 do 1:2000 ter s faktorjem 2 za izrise v merilih od vključno 1:2000 do 1:5000.

3.2.2 Certifikat geodetskega načrta

Certifikat geodetskega načrta predstavlja potrdilo, s katerim odgovorni geodet zagotavlja, da je geodetski načrt izdelan v skladu s predpisi, ki urejajo graditev objektov in urejanje prostora, oziroma s predpisi, ki določajo izdelavo geodetskega načrta, in da je primeren za uporabo za namen, ki je naveden v certifikatu.

Certifikat vsebuje:

- podatke o naročniku geodetskega načrta,
- izjavo odgovornega geodeta,
- številko geodetskega načrta,
- podatke o namenu uporabe geodetskega načrta,
- podatke o vsebini geodetskega načrta,

- pogoje za uporabo geodetskega načrta,
- podatke o kraju in datumu izdaje certifikata in osebni žig in podpis odgovornega geodeta, žig geodetskega podjetja in podpis odgovorne osebe.

CERTIFIKAT GEODETSKEGA NAČRTA

1. Naročnik geodetskega načrta: *(ime in priimek fizične osebe oz. firma družbe)*
2. Odgovorni geodet *(ime in priimek odgovornega geodeta, identifikacijska številka odgovornega geodeta)*

potrjujem,

da je geodetski načrt št. *(številka geodetskega načrta)*

izdelan skladno s predpisi in z namenom uporabe, opredeljenim v 3. točki tega certifikata.

3. Namen uporabe geodetskega načrta: *(ustrezno označi)*
 - **za pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta**
 - **za pripravo lokacijskega načrta**
 - **geodetski načrt novega stanja zemljišča**
 - **drug namen** _____

4. Podatki o vsebini geodetskega načrta:

Podatki	Vir podatkov	Institucija	Datum	Natančnost
				±
				±
				±

5. Pogoji za uporabo geodetskega načrta:

(Kraj, datum)

Slika 11: Predpisana vsebina geodetskega načrta

3.2.3 Geodetski načrt Rekonstrukcije železniške proge Grosuplje-Ortnek

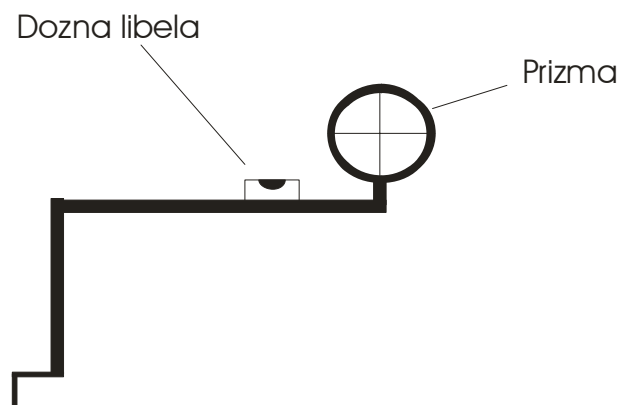
Projekt izdelave geodetskega načrta na območju Grosuplje-Ortnek, je predstavljal kompleksno nalogo, v kateri so poleg geodetov sodelovali tudi strokovnjaki iz različnih strok, saj se je le tako lahko zagotovila želena vsebina, ki dejansko predstavlja uporabno podlago za projektna dela povezana z rekonstrukcijo železniške proge.

V prvi fazi je bilo potrebno zagotoviti primerno mrežo geodetskih točk. Ta faza je podrobno opisana v poglavju Terestrična mreža.

V nadaljevanju je bil določen terminski plan terenskih meritev detajla. Ker gre za območje dolžine 25km in zahteven teren je bilo potrebno zagotoviti primerno število ekip in jih v organizacijskem smislu pravilno formirati. Zaradi zahtevnosti terena in same konfiguracije terena sta bili formirani 2 ekipi, pri čemer je so eno ekipo sestavljali 4 člani: operater in dva figuranta, meritve so potekale mesec dni.

Na podlagi zahtev investitorja o vsebini geodetskega načrta in veljavni zakonodaji, ki predpisuje vsebino načrta, so bili sprejeti določeni kriteriji snemanja:

- polarna metoda snemanja detajla;
- snemanje v lokalnem koordinatnem sistemu;
- precizna določitev višin tirov na profilih (30m), višina tirov se je določila z nivelmanom;
- snemanje osi železniške proge. Pri tem je bilo uporabljeno specifično orodje, katerega naslonimo na notranjo stran tira. Gre za neke vrste konzolo, na kateri je prizma. Ta konzola ima znano višino in odmik od notranjega roba tira. Orodje horizontiramo s pomočjo dozne libele;



Slika 12: Orodje za snemanje osi proge

- poudarek na snemanju železniške infrastrukture, ki vključuje prometno ureditev, z vso pripadajočo prometno signalizacijo. Za snemanje železniške infrastrukture je izdelan poseben topografski ključ,
- območje snemanja določeno z oddaljenostjo od osi proge (25m),
- snemanje detajla, kot ga določa Pravilnik o geodetskem načrtu;

Na terenu zajeti podatki so bili obdelani s programskim paketom GEO10 in GEOS6.

V programskem paketu AutoCAD 2004, pa je bil izdelan geodetski načrt v merilu 1:1000.

Območje Grosuplje-Ortnek je predstavljeno na 16 geodetskih načrtih, katere okvirje in postavitve le-teh je določil investitor. Vsebina geodetskega načrta je izdelana v skladu s Pravilnikom o izdelavi geodetskega načrta. Izpuščeni so le podatki o parcelnih mejah, prikazana so le na terenu odkrita obstoječa mejna znamenja. Za podroben prikaz poteka parcelnih meja je bil izdelan poseben elaborat »Katastrski elaborat«, ki je predstavljen v poglavju Katastrski elaborat.

Spodaj je predstavljen primer certifikata geodetskega načrta:

CERTIFIKAT GEODETSKEGA NAČRTA od km 0+000 do km 14+850

1. Naročnik geodetskega načrta:

JAVNA AGENCIJA ZA ŽELEZNIŠKI PROMET REPUBLIKE SLOVENIJE
Kopitarjeva 5, 2000 Maribor
(ime in priimek fizične osebe oz. firma družbe)

2. Odgovorni geodet:

Slavko Pečnik, univ.dipl.inž.geod., IZS Geo 0001
(ime in priimek odgovornega geodeta, identifikacijska številka odgovornega geodeta)

potrjujem,

da je geodetski načrt št.

BB Inženiring d.o.o., november 2006, 6331/F1/GN
(številka geodetskega načrta)

izdelan skladno s predpisi in z namenom uporabe, opredeljenim v točki 3. tega certifikata.

3. Namen uporabe geodetskega načrta: *(ustrezno označi)*

- za pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta
- za pripravo lokacijskega načrta
- geodetski načrt novega stanja zemljišča
- drug namen / vzdrževalna dela v javno korist

4. Podatki o vsebini geodetskega načrta:

Podatki	Vir podatkov	Institucija	Datum	Natančnost
<i>naravni elementi topografije</i>	<i>geod. izmera</i>	<i>BB Inženiring d.o.o. Sž-pp, Ljubljana</i>	<i>2006</i>	<i>0,1 – 0,3 m</i>
<i>stavbe in gradbeno inženirski objekti</i>	<i>geod. izmera</i>	<i>BB Inženiring d.o.o. Sž-pp, Ljubljana</i>	<i>2006</i>	<i>0,01 m</i>
<i>tirne naprave</i>	<i>geod. izmera</i>	<i>BB Inženiring d.o.o. Sž-pp, Ljubljana</i>	<i>2006</i>	<i>0,01 m</i>
<i>SVTK naprave</i>	<i>geod. izmera</i>	<i>BB Inženiring d.o.o. Sž-pp, Ljubljana</i>	<i>2006</i>	<i>0,1 m</i>
<i>zemljepisna imena in napisi</i>	<i>TTN 1:5000</i>	<i>BB Inženiring d.o.o.</i>	<i>2006</i>	

BB Inženiring d.o.o., Jamnikarjeva ulica 1, 1000 Ljubljana, tel.: 01 423 95 90, fax.: 01 423 95 95, E-mail : info@bb-ing.si

odkrita mejna znamenja	geod. izmera	BB Inženiring d.o.o. Sž-pp, Ljubljana	2006	± 0,12 m
geodetske točke: - poligonske točke - GPS točke	geod. izmera Gps	BB Inženiring d.o.o. BB Inženiring d.o.o.	2006 2006	jeklen klin, čep, plastika, kamen s podz. centrom
Komunalni vodi / zrak - elektrika - telefon	geod. Izmera geod. Izmera	BB Inženiring d.o.o. Sž-pp, Ljubljana	2006 2006	0,1 m – 0,3m 0,1 m – 0,3m

5. Pogoji za uporabo geodetskega načrta:

- Geodetski načrt se uporabi za pripravo projektne dokumentacije PZI za vzdrževalna dela v javno korist.
- Certifikat geodetskega načrta velja za odsek Grosuplje – Dobropolje (od km 0+000 do km 14+850).
- Geodetski načrt je v skladu z zahtevano natančnostjo elementov železniške proge v celoti izdelan v lokalnem koordinatnem sistemu.

6. Druge ugotovitve:

- Podjetje SŽ-Projektivno podjetje Ljubljana, d.d., je delno izvajalo meritve za potrebe izdelave projektne dokumentacije na ožjem območju železniške proge (izmera karakterističnih elementov osi proge in drugih inženirskih objektov).
- Podjetje BB inženiring d.o.o., je prevzelo podatke zgoraj navedenih meritev, ter izvedlo geodetske meritve karakterističnih elementov osi proge, drugih inženirskih objektov in ostalih karakterističnih točk in linij na širšem območju železniške proge obravnavanega odseka Grosuplje – Dobropolje.
- Na tem odseku so bili zajeti tudi podatki o obstoječih mejnih znamenjih parcel, predvsem v lasti oziroma upravljanju Slovenskih železnic, t.i. meja zemljišč javne železniške infrastrukture (JŽI).
- Geodetski načrt v skladu s pravilnikom o izdelavi geodetskega načrta ne vsebuje podatkov o parcelnih mejah, prikazana so le na terenu odkrita obstoječa mejna znamenja (prikaz poteka parcelnih meja je izdelan v t.i. katastrskem elaboratu, številčna oznaka 10/10, številka elaborata podizvajalca 6331/F1/KE).
- V skladu s projektno nalogo in izdelanim projektom se bodo posegi povezani s projektom št. 3542/F1 izvajali izključno na zemljiščih v lasti oziroma v upravljanju Slovenskih železnic (v mejah zemljišč JŽI).

Ljubljana, 16.11.2006

.....
(osebni žig in podpis odgovornega geodeta)

.....
(žig geodetskega podjetja,
podpis odgovorne osebe)

Slika 13: Primer certifikata geodetskega načrta

3.3 MERITVE PREČNIH IN VZDOLŽNIH PROFILOV

Geodetski načrt je osnova projektantu, da lahko določi optimalni potek trase v naravi. Ker pa ima geodetski načrt omejeno natančnost, je potrebno na projektirani trasi izmeriti prečne profile, ki detajlno predstavijo potek terena vzdolž osi trase, predvsem v višinskem smislu. Na podlagi tako pridobljene natančne višinske predstavitve terena projektanti izračunajo volumne vkopov in nasipov.

Vzdolž trase merimo prečne profile na razdalji, ki jo definira projektant. Običajno profile merimo vsakih 20 do 30 m. Vzdolžne profile projektanti generirajo na podlagi podatkov o prečnih profilih. Velikost območja zajema na posameznem profilu se določi na podlagi idejnega projekta. Pri izmeri profilov mora operater biti previden in posneti vse karakteristične točke terena in jih sproti tudi kodirati. Tako je za vsako točko definirana njena vsebina. Vsaka točka dobi kodo sestavljeno iz dveh črk ali števil (npr os proge-00, levi tir-01, desni tir-02,...).

Profile merimo vzdolž osi trase in vzdolž karakterističnih objektov, kot so poti ceste itd,.

Po opravljenem terenskem delu se podatki obdelajo s programsko opremo, ki posnete točke prenese na pravokotnico glede na os proge, po principu interpolacije.

Tako pridobljene prečne profile lahko izrišemo. Primer prečnih profilov so predstavljeni v dodatku.

3.4 KATASTRSKI ELABORAT

Za potrebe projektne dokumentacije z naslovom » Obnova železniške proge Grosuplje – Kočevje, izdelava projekta za razpis (PZR) in projekta za izvedbo (PZI), 1.faza: odsek Grosuplje-Ortnek«, je bil na osnovi ustreznih projektantskih načrtov in na osnovi razpoložljivih uradnih evidenc izdelan t.i. Katastrski elaborat.

Izdelan elaborat vsebuje vse zahtevane podatke in izvedene analize za potrebe evidentiranja zemljišč znotraj meje javne železniške infrastrukture (JŽI) po podatkih Slovenskih železnic (SŽ), ter zemljišč, po katerih poteka komunalna infrastruktura.

3.4.1 Podatki zemljiškega katastra

V ta namen so bili na Geodetski upravi Republike Slovenije, Geoinformacijski center, Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana, pridobljeni podatki o zemljiškem katastru v digitalni obliki (DKN), z vsemi podatki o parcelah in njihovih lastnikih kot se vodi v zemljiškem katastru in v skladu z Zakonom o varstvu osebnih podatkov (Ur.l. RS, št. 59/99, 57/01, 59/01 in 52/02).

Tako pridobljen izrez DKN je služil za izdelavo ažurne baze DKN ter nadaljnjo obravnavo in izvedbo analize parcel v digitalni obliki. Ravno tako so bile pridobljene kopije katastrskih načrtov (t.i. mapna kopija) s statusom veljavnosti 6 mesecev, ki so sestavni del projektne dokumentacije in se nahajajo v prilogi.

Območje predvidenega posega 1. faze, odsek Grosuplje-Ortnek, je bilo razdeljeno na dva odseka:

- a) območje Grosuplje-Dobrepolje (od km 0+000 do km 14+850),
- b) območje Dobrepolje-Ortnek (od km 14+850 do km 27+300).

3.4.2 Podatki zemljiške knjige

Na osnovi predhodne analize zemljišč znotraj meje javne železniške infrastrukture (JŽI) in zemljišč, po katerih poteka komunalna infrastruktura, so bili na pristojnem Okrajnem sodišču,

oddelek zemljiške knjige naročeni in pridobljeni zemljiškoknjižni izpisi s statusom veljavnosti 3 mesecev.

Na osnovi tako pridobljenih podatkov o lastništvu so bili ustrezno dopolnjeni podatki o lastnikih v bazi DKN. Baza DKN je bila vzpostavljena s programskim paketom Geolast 2006, kjer so vključeni atributni podatki zemljiškega katastra, s korekcijo lastništva pridobljenega na podlagi zemljiškoknjižnih izpisov.

3.4.3 Območje predvidenega posega

Na podlagi zahteve investitorja, da se predvideni posegi rekonstrukcije izvedejo znotraj zemljišč v lasti investitorja, je bilo potrebno predhodno določiti območje v lasti investitorja. Pri tem so bile uporabljene evidence Slovenskih železnic o zemljiščih v lasti javne železniške infrastrukture.

Ker je bila za potrebe projektiranja podana zahteva po uporabi lokalnega koordinatnega sistema, je bilo potrebno digitalni kataster transformirati v lokalni koordinatni sistem. Zaradi velikosti obravnavanega območja je bilo potrebno transformacijo omejiti na odseke, ki omogočajo zagotovitev primerne natančnosti za nadaljnje analize.

Tako so za velikost odsekov transformacij prevzeta območja, ki so definirana v načrtih gradbenih konstrukcij.

Pri tem je bila uporabljena afina transformacija, ki zagotavlja ohranjanje vzporednosti linij, spremeni se pa velikost.

Izračun transformacijskih parametrov je bil odvisen od zmožnosti lociranja identičnih točk v obeh koordinatnih sistemih, Gauss Krueger (GK) koordinatnem sistemu, v katerem je podan DKN, in lokalnem (LK) koordinatnem sistemu. Glede na to, so bili na območju:

- a) Grosuplje-Dobrepolje (od km 0+000 do km 14+850), za identične točke prevzeti posneti mejniki v naravi in nedvoumno določene identične točke na DKN. Izračun transformacijskih parametrov se nahajajo v prilogi "Transformacijski parametri-odsek Grosuplje-Dobrepolje".

- b) Dobropolje-Ortnek (od km 14+850 do km 27+300), za identične točke prevzete točke iz evidenc JŽI in nedvoumno določene identične točke na DKN, saj zaradi pomanjkanja mejnikov v naravi ni bilo mogoče zagotoviti kvalitetne transformacije, ki bi temeljila na posnetih mejnikih.

Primer izračuna transformacijskih parametrov z uporabo programa GEO-8. Gre za izračun parametrov za risbo številka 3, ki je v grafični obliki dodana v prilogah.

AFINA TRANSFORMACIJA KOORDINAT

IDENTICNE TOCKE:

St.tocke	GK - Y	GK - X	Lokalne - Y	Lokane - X
310231	473622.020	88006.550	73621.807	88005.259
310126	473664.710	89222.570	73662.803	89223.628
310117	473672.450	89177.980	73670.832	89178.853
809	473631.170	88436.670	73630.998	88437.528

ODSTOPANJA PO TOCKAH:

St.tocke	Vy	Vx
310231	-0.188	-0.300
310126	-0.272	-0.435
310117	0.179	0.287
809	0.281	0.449

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI:

S (deformacija merila v smeri Y -osi) = 0.9761779
P (deformacija merila v smeri X -osi) = 1.0051197
Q (parameter rotacije v smeri Y -osi) = -0.0876591
R (parameter rotacije v smeri X -osi) = -0.0004875
Cy (parameter translacije v smeri Y -osi)= -388674.4578
Cx (parameter translacije v smeri X -osi)= 41065.7038

OCENA NATANCNOSTI:

Mk (sred.pog.dolocitve koordinat)= 0.626 m
Mps (sred.pog.parametrov merila) = 2832.5E-06
Mqr (sred.pog.parametrov rotacije)= 67806.4E-06

Srednja linearna deformacija = -0.0093512

Srednje merilo = 0.9906488

Srednja rotacija = 2.7748

Nekomformnost = 5.9063

Ekstremne vrednosti linearnega spacenja:

(1) = 0.0370370 (2) = -0.0557393

Smer spacenja (1) = 160°

Na podlagi zgoraj predstavljenih rezultatov o natančnosti transformacije, standardno odstopanje koordinate 0,626m, lahko ugotovimo, da je izvedena transformacija dovolj natančna glede na uradne podatke digitalnega katastra, katerega mapne kopije so podane v merilu 1:2880.

4 ZAKLJUČEK

Na podlagi obstoječe veljavne zakonodaje, je geodetski stroki dodeljena ena izmed vlog v fazi projektiranja objektov. Predvsem gre tu za pomembno vlogo v začetni fazi projekta, ko je potrebno zagotoviti primerne podlage, ki vključujejo podatke dejanskega stanja terena in podatke iz uradnih evidenc. Ker pa projektiranje objektov večjih meril zahteva vključitev različnih strok, je pomembna njihova povezljivost.

Geodetska dela za potrebe projektiranja objektov vključujejo:

- vzpostavitev geodetske mreže,
- izdelava geodetskih podlag (geodetskega načrta, predstavitev terena s prečnimi profili) in
- ureditev zemljiškega katastra.

Eden ključnih dejavnikov za uspešno izvedbo projektiranja je zagotovitev kvalitetne geodetske mreže, ki terja uporabo sodobnega geodetskega instrumentarija in seveda strokovno usposobljene ljudi, ki se morajo zaradi razvoja merskih tehnik in instrumentarija tudi ustrezno dodatno izobraževati.

Eden izmed večjih problemov je prepričati investitorje o pomembnosti zagotovitve kvalitetne geodetske mreže, saj nam le-ta zagotavlja izhodišče za kvalitetno izgradnjo in v nadaljevanju nadzor obstoječega objekta skozi čas.

Ker pa zagotovitev kvalitetne geodetske mreže na večjih območjih terja velika finančna sredstva je pomembno, da si geodetska stroka zagotovi pomembno vlogo pri projektiranju objektov, saj le-tako lahko pričakujemo zagotovitev primernih sredstev, ki omogočajo kvalitetno izvajanje geodetskih del.

VIRI

Uporabljeni viri:

Ašanin, S. 2003. Inženjerska geodezija 1. Beograd: 297 str.

Geodetski načrt in novi topografski ključ. 2006. Ljubljana. IZB.

Kogoj, D. 2000. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

Stopar, B., Pavlovčič, P. 2001. GPS v geodetski praksi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 115 str.

Stopar, B., Kozmus, K., Pavlovčič P., Grigillo D., Bilc, A. 2000. Uporaba GPS meritev v geodetski izmeri. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 184 str.

Ulbl, M. 2005. Analiza opravljenih geodetskih del pri izgradnji avtoceste med Mariborom in Lenartom. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 105 str.

Zakoni in predpisi:

Pravilnik o geodetskem načrtu, UL RS št.40/2004:1677.

Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije. UL RS št. 35/1998:1518.

Pravilnik o projektni in tehnični dokumentaciji. UL RS št. 54/2005:2295.

Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. 1981.

Zakon o graditvi objektov. UL RS št. 110/2002:5387.

PRILOGE