

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Fröhlich, B., 2013. Kontrola vzpostavitve geodetske mreže za potrebe zakoličevanja objektov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 25 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



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

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

This is original version of final thesis.

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

Fröhlich, B., 2013. Kontrola vzpostavitve geodetske mreže za potrebe zakoličevanja objektov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 25 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE GEODEZIJE
IN GEOINFORMATIKE

Kandidatka:

BARBARA FRÖHLICH

**KONTROLA VZPOSTAVITVE GEODETSKE MREŽE
ZA POTREBE ZAKOLIČEVANJA OBJEKTOV**

Diplomska naloga št.: 24/GIG

**CONTROL OF A GEODETIC NETWORK FOR
SETTING-OUT**

Graduation thesis No.: 24/GIG

Mentor:
doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:
asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 01. 07. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisana **BARBARA FRÖHLICH** izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom **»KONTROLA VZPOSTAVITVE GEODETSKE MREŽE ZA POTREBE ZAKOLIČEVANJA OBJEKTOV«**.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 21. 6. 2013

Barbara Fröhlich

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.3/.5(043.2)
Avtor:	Barbara Fröhlich
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Somentor:	asist. Tilen Urbančič
Naslov:	Kontrola vzpostavitve geodetske mreže za potrebe zakoličevanja objektov
Tip dokumenta:	Dipl.nal.– UNI
Obseg in oprema:	25 str., 10 pregl., 12 sl., 24 en., 4 pril.
Ključne besede:	geodetska mreža, klasična metoda izmere, redukcija dolžin, koordinate točk, izravnava mreže

Izvleček

V geodeziji se geodetsko mrežo uporablja za različne namene. Največkrat jo vzpostavimo z RTK GNSS metodo izmere. Za bolj natančno določitev koordinat točk pa mrežo izmerimo še s klasično terestrično metodo. Vsa opazovanja, ki jih opravimo na terenu, niso neposredno uporabna za izračun koordinat točk, ampak moramo opraviti redukcijo poševno merjenih dolžin, izračunati sredine girusov in zenitnih razdalj. Zaradi nadštevilnih meritev izvedemo izravnavo geodetske mreže, katere rezultati so najverjetnejše koordinate točk in natančnosti njihove določitve. V diplomski nalogi smo primerjali vrednost koordinat, pridobljenih z RTK GNSS metodo in s klasično metodo izmere.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	528.3/5(043.2)
Author:	Barbara Fröhlich
Supervisor:	Assist. Prof. Božo Koler, Ph.D
Cosupervisor:	Assist. Tilen Urbančič
Title:	Control of a geodetic network for setting out
Document type:	Graduation thesis – University studies
Scope and tools:	25 p., 10 tab., 12 fig., 24 eq, 4 ann.
Keywords:	geodetic network, terestical method measurements, distance reduction, point coordinates, network adjustment

Abstract

In surveying, geodetic network is used in many different cases. Usually we establish geodetic network with RTK GNSS measurement method. In order to determine more accurate point coordinates we use terestical method. All observations we make on field are not directly useful, but we have to make reduction of measured slope lengths and calculate the middle of horizontal angels and zenith distances. Because of redundant measurements, we have to adjust network. The results are most probably coordinates of points and their accuracy. In this thesis, we compare the value of the coordinates obtained by RTK GNSS method and the classical method of measurement.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	OPIS OBMOČJA IZMERE IN UPORABLJEN INSTRUMENTARIJ	2
2.1	Tahimeter Leica TCRP 1201+R1000	4
3	METODA IZMERE	5
3.1	Girusna metoda izmere horizontalnih kotov	5
3.2	Trigonometrično višinomerstvo	7
4	METEOROLOŠKI PARAMETRI	8
5	REDUKCIJA DOLŽIN	9
5.1	Pogrešek določitve ničelne točke razdaljemera in reflektorja	10
5.2	Meteorološki popravki - Prvi popravek hitrosti	10
5.3	Geometrični popravki	12
5.4	Projekcijski popravki	13
6	IZRAVNAVA GEODETSKE MREŽE	15
6.1	Izravnava položajne mreže	15
6.2	Izravnava višinske mreže	16
7	IZVEDBA MERITEV	17
8	DOLOČITEV DEFINITIVNIH KOORDINAT TOČK MREŽE	17
8.1	Izravnava položajne geodetske mreže	18
8.2	Višinska izravnava	22
9	PRIMERJAVA KOORDINAT TOČK	24
10	ZAKLJUČEK	27
VIRI	28

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz geodetske mreže na terenu	3
Slika 2: Elektronski tahimeter Leica TCRP 1201+R1000.....	4
Slika 3: Dimenzije instrumenta	5
Slika 4: Princip merjenja horizontalnih kotov po girusni metodi	6
Slika 5: Princip merjenja višinskih razlik z metodo trigonometričnega višinomerstva.....	7
Slika 6: Merjena dolžina	10
Slika 7: Refrakcijska krivulja D' in pripadajoča tetiva Sr	12
Slika 8: Redukcija dolžine na nivo točk (kamen- kamen).....	13
Slika 9: Direktna redukcija na ničelno nivojsko ploskev	14
Slika 10: Standardne elipse pogreškov	21
Slika 11: Lokacija reperja 5744	23
Slika 12: Natančnost merjenih višinskih razlik	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki instrumenta Leica TCRP 1201+R1000	5
Preglednica 2: Meteorološki pogoji v času izmere.....	9
Preglednica 3: Primer izračuna sredine opazovanih smeri po girusni metodi	17
Preglednica 4: Točke določene z GNSS izmero in njihova natančnost	18
Preglednica 5: Izravnane vrednosti položajnih koordinat in njihova natančnost.....	19
Preglednica 6: Standardne elipse pogreškov za posamezne točke geodetske mreže	20
Preglednica 7: Analiza natančnosti izravnave položajnih koordinat točk	21
Preglednica 8: Izravnane nadmorske višine točk in njihova natančnost	23
Preglednica 9: Razlika položajnih koordinat točk določenih na osnovi klasične in GNSS metode izmere	25
Preglednica 10: Razlika višinskih koordinat točk, pridobljene na osnovi trigonometričnega višinomerstva in RTK GNSS metode	25

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Geodetska mreža predstavlja geodetsko osnovo pri izvajanju geodetskih meritev za različne namene, kot npr. v geodeziji v inženirstvu, v zemljiškem katastru, za izdelavo topografskih ter geodetskih načrtov in za izdelavo kart v različnih merilih.

Danes se pri geodetskih delih pogosto uporablja kombinacija GNSS (ang. Global Navigation Satellite System) ter klasične geodetske metode izmere. Uporaba obeh metod je pogosta tudi pri vzpostavitvi geodetskih mrež. V primeru uporabe obeh metod običajno najprej izvedemo RTK (ang. Real Time Kinematic) GNSS izmero, ki nam služi za določitev približnih ali danih koordinat geodetskih točk. Za kontrolo, ali kadar želimo imeti koordinate točk določene z večjo natančnostjo, mrežo izmerimo še s klasično metodo izmere. Koordinate točk, določene na osnovi klasične terestrične izmere, izravnamo po metodi najmanjših kvadratov.

Geodetska mreža je bila na obravnavanem območju postavljena za potrebe vaj pri različnih predmetih, ki se izvajajo na UL FGG. Vzpostavljena je bila za izvajanje geodetsko inženirskih del, npr. za zakoličevanje objektov, izdelavo topografskega ali geodetskega načrta in ostalih geodetskih del. Ker bo geodetska mreža uporabljena tudi za ugotavljanje odstopanj pri zakoličevanju objekta z različnimi metodami, smo mrežo izmerili tako z RTK GNSS izmero, kot tudi s klasično metodo. Koordinate točk, določene z RTK GNSS, so bile v postopku izravnave uporabljene kot približne koordinate. Celotna geodetska mreža je bila izravnan v dveh delih. Za izravnavo položajne mreže smo uporabili program GEM 4.0 avtorjev Tomaža Ambrožiča, Gorana Turka in Zvonimirja Jamška, za izravnavo višin geodetskih točk pa program VimWin avtorjev Tomaža Ambrožiča in Gorana Turka.

Glavni cilj naloge je določiti koordinate točk geodetske mreže z visoko natančnostjo na osnovi izvedenih klasičnih terestričnih geodetskih opazovanj. Poleg tega smo primerjali koordinate določene z RTK GNSS s koordinatami, ki smo jih določili na osnovi izravnave opazovanj s klasično metodo izmere. V nalogi je podrobneje opisan postopek določitve koordinat točk s klasično metodo izmere. Za pravičen in kakovosten rezultat ni dovolj, da se na terenu izvede samo izmera. Pomembno je, da vsa opazovanja primerno uredimo in v postopkih obdelave izračunamo popravke za različne vplive.

Naloga je sestavljena iz dveh delov. V prvem delu so predstavljene teoretične osnove uporabljenih metod izmere in postopkov izračuna ter uporabljen instrumentarij. V drugem delu sledi opis in predstavitev terenske izmere, predstavitev rezultatov izravnave ter primerjava koordinat določenih z RTK GNSS, ter klasično metodo izmere.

2 OPIS OBMOČJA IZMERE IN UPORABLJEN INSTRUMENTARIJ

Geodetska mreža je skupina geodetskih točk iste vrste, ki so med seboj povezane. Geodetska točka je točka na zemeljskem površju, ki ima fizično stabilizacijo in ima določene koordinate v ustreznem koordinatnem sistemu [1].

Glede na namen geodetske mreže delimo na:

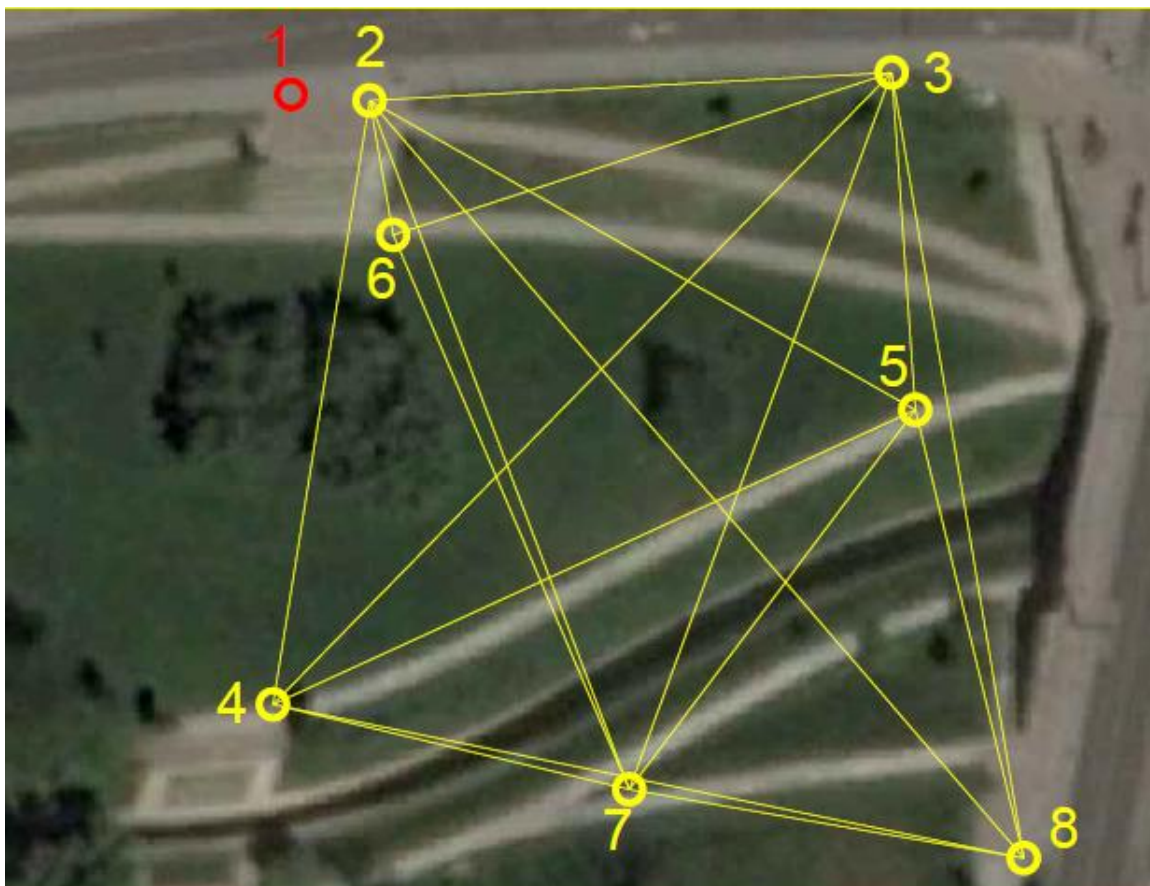
- položajne,
- višinske in
- gravimetrične.

Glede na obliko pa na:

- trigonometrične,
- poligonske,
- linijske,
- nivelmanske in
- mreže GNSS.

Ovisno od namena in obsega meritev poznamo globalne, državne in lokalne mreže. V našem primeru smo mrežo vzpostavili za potrebe zakoličevanja objekta. Uporabili smo lokalno mrežo, določeno v državnem koordinatnem sistemu [1].

Območje vzpostavitve geodetske mreže je v Ljubljani, v bližini Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Nahaja ob reki Gradaščici v bližini mostu Barjanske ceste. Mreža je bila najprej izmerjena z RTK GNSS metodo izmere. Zaradi kontrole kvalitete določitve koordinat točk in predvidene uporabe mreže za natančno zakoličevanje objektov, smo natančnost koordinat točk izboljšali s klasično geodetsko izmero. Mesta stabilizacije točk so izbrana tako, da bodo ustrezala izvajanju geodetskih nalog, ki jih bodo študentje opravljali na tem območju v okviru vaj pri različnih predmetih. Mrežo sestavlja 8 točk, v izmero smo vključili sedem točk, saj sta točki 1 in 2 stabilizirani blizu skupaj (Slika 1). Upoštevali smo dejstvo, da geometrija mreže pogojuje natančnost določitve koordinat točk.



Slika 1: Prikaz geodetske mreže na terenu

Vse točke so stabilizirane s kovinskim čepom, zabite v asfalt pločnikov (točke 2, 3 in 8) ter v robnikih urejenih sprehajalnih poti (točke 4, 5, 6 in 7).

Pri izmeri z RTK GNSS metodo je bil uporabljen instrument Leica Viva GS15 CS10. RTK metoda izmere je kinematična metoda, pri kateri v realnem času pridobimo podatke o meritvah. Meritve so bile opravljene s 15 sekundnimi opazovanji na posamezni točki in s povezavo na permanentno postajo GSR1, ki se nahaja v Ljubljani [2, 3].

Za izvedbo klasičnih meritev smo uporabili naslednji instrumentarij ter opremo:

- tahimeter Leica TCRP 1201+R1000,
- 7 stativov Leica,
- 6 prizem Leica GPR121,
- 6 podnožij,
- žepni merski trak in
- instrument Meteo Station za merjenje tlaka, relativne vlage in temperature.

2.1 Tahimeter Leica TCRP 1201+R1000

Tahimeter je instrument, s katerim lahko merimo horizontalne smeri, vertikalne kote in poševne dolžine. Gre za optično mehanski in elektronski instrument, v katerem so združeni številni senzori. Razvoj takšnih instrumentov se je začel v 80ih letih prejšnjega stoletja. Posebej so izdelovali teodolite in razdaljemere, v 90ih letih pa so z združitvijo teh dveh instrumentov nastali tahimetri [1].

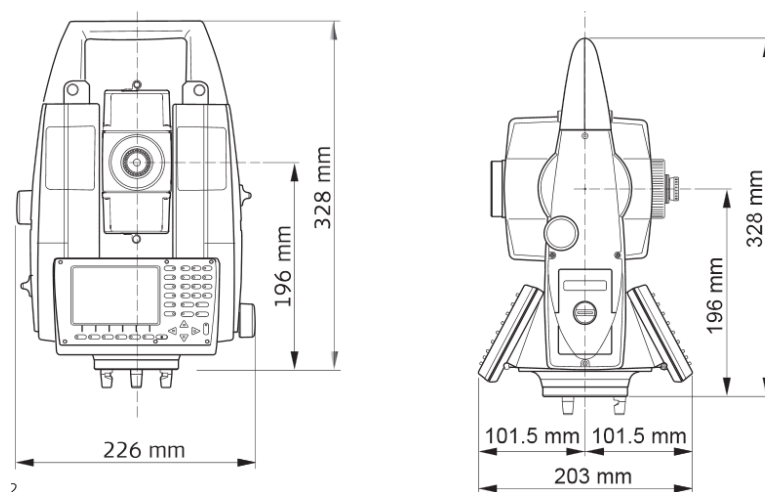
Na terenu smo za izmero geodetke mreže uporabili elektronski tahimeter Leica TCRP 1201+R1000 (Slika 2). Ta instrument združuje elektronski tahimeter in GNSS sprejemnik. Za izmero naše geodetske mreže, smo pri klasični metodi uporabili le elektronski tahimeter [4].



Slika 2: Elektronski tahimeter Leica TCRP 1201+R1000

Preglednica 1: Tehnični podatki instrumenta Leica TCRP 1201+R1000 [4]

Natančnost merjenja smeri: $\sigma_{\text{ISO-17123-3}}$	1" (0,3 mgon)
Natančnost merjenja dolžine z reflektorjem: $\sigma_{\text{ISO-17123-4}}$	1 mm + 1,5 ppm
Natančnost merjenja dolžine brez reflektorja: $\sigma_{\text{ISO-17123-4}}$	do 500 m: 2 mm + 2 ppm od 500 m: 4 mm + 2 ppm
Doseg	1,5 - 1200 m
Merska frekvenca/ valovna dolžina	50 MHz / 3 m
Nosilno valovanje	0,658 μm
Občutljivost dozne libele	8'/2 mm
Občutljivost alhidadne libele	30"/2 mm
Temperaturno območje delovanja	od -20°C do 50°C
Temperaturno območje skladiščenja	od -40°C do -70°C
Način čitanja na krogih	absolutna statična metoda
Način merjenja	fazni postopek

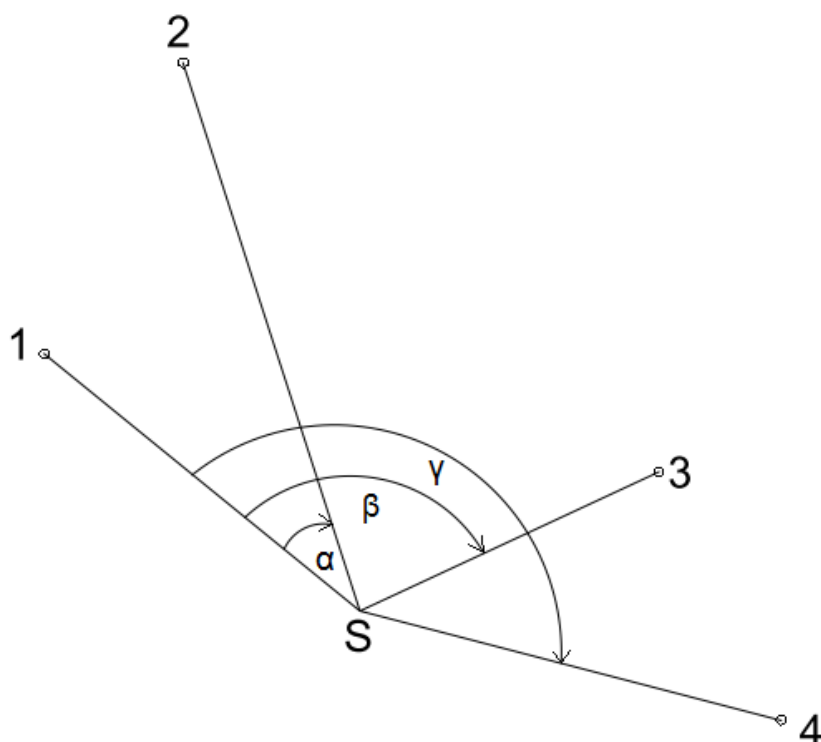


Slika 3: Dimenzije instrumenta [4]

3 METODA IZMERE

3.1 Girusna metoda izmere horizontalnih kotov

Za merjenje horizontalnih kotov v geodetskih mrežah se danes v geodeziji največkrat uporablja girusna metoda (Slika 4), katero smo uporabili tudi mi. Girusna metoda temelji na merjenju smeri proti več točkam. Najprej izberemo začetno smer, ki jo definira najbolj vidna in stabilna točka, ki je primerno oddaljena. Meritve opravimo v dveh krožnih legah. Najprej merimo na vse točke v pozitivni smeri v prvi krožni legi, nato obrnemo daljnogled in v drugi krožni legi merimo v obratni smeri. S tem eliminiramo nekatere pogreške instrumenta [1, 5].



Slika 4: Princip merjenja horizontalnih kotov po girusni metodi

Na rezultat meritev horizontalnih in vertikalnih kotov vplivajo različni pogreški, ki jih glede na izvor delimo na [1]:

- instrumentalne pogreške:
 - o kolimacijski pogrešek,
 - o pogrešek horizontalnosti Y osi,
 - o pogrešek alhidadnih libel,
 - o indeksni pogrešek.

- objektivne pogreške:
 - o pogreški delovnega okolja,
 - o fazni pogrešek,
 - o pogrešek centriranja in signaliziranja.

- subjektivne pogreške:
 - o pogrešek operaterja,
 - o pogrešek viziranja,
 - o pogrešek koincidiranja.

Uporabljena metoda izmere ima svoje prednosti in slabosti [6]:

Prednosti izmere po girusni metodi so:

- z merjenjem v obeh krožnih legah eliminiramo kolimacijski pogrešek in pogrešek horizontalnosti Y osi, pri starih instrumentih pa eliminiramo tudi pogrešek razdelbe limba,
- večje število girusov nam omogoča določitev opazovane smeri z večjo natančnostjo,
- z istega stojišča lahko naenkrat opazujemo več smeri.

Slabosti izmere po girusni metodi so:

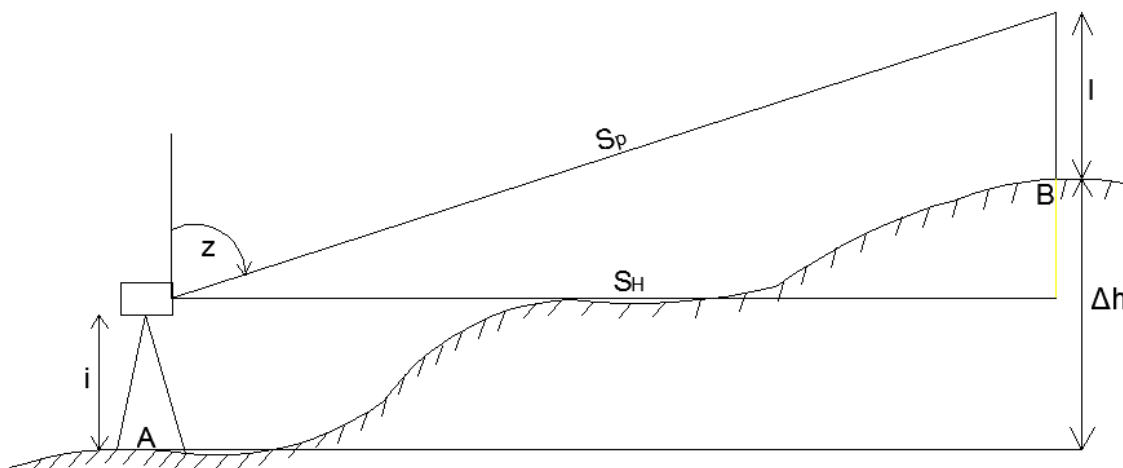
- vse smeri so obremenjene s pogreškom začetne smeri,
- če opazujemo veliko število smeri, merjenje traja dlje časa in je težko zagotoviti dolgotrajno stabilnost instrumenta.

3.2 Trigonometrično višinerstvo

Trigonometrično višinerstvo je metoda za določevanje višinskih razlik med dvema točkama, ki je uporabna tudi za merjenje višinskih razlik med nedostopnimi točkami. Velik vpliv na meritve ima atmosferska refrakcija, vpliv katere lahko zmanjšamo na različne načine:

- z ustrezno metodo dela (obojestranske meritve, metoda na preskok),
- ustrezen čas meritev (od 10. do 15. ure), ko je vpliv refrakcije najmanjši.

Višinsko razliko med dvema točkama določimo na podlagi merjene zenitne razdalje z in merjene poševne dolžine S_p . Pri tem moramo nujno izmeriti tudi višino instrumenta i in signala l (Slika 5).



Slika 5: Princip merjenja višinskih razlik z metodo trigonometričnega višinerstva

Višinsko razliko za enostransko merjeno zenitno razdaljo med točkama A in B izračunamo:

$$\Delta h = S_p \cdot \cos z + \frac{S_p^2}{2 \cdot R} \cdot (1 - k) \cdot \sin z + i - l \quad (1)$$

kjer sta:

R - polmer ukrivljenosti Zemlje in

k - koeficient refrakcije, ki za območje Slovenije znaša 0,13 [1, 5].

4 METEOROLOŠKI PARAMETRI

Različni vremenski pogoji vplivajo na meritve dolžin. Njihov vpliv zmanjšamo z izračunom meteoroloških popravkov, ki jih določimo na osnovi meteoroloških parametrov (temperature, zračnega tlaka in vlažnosti zraka). Te parametre smo izmerili na terenu in jih kasneje uporabili pri redukciji merjenih dolžin.

a) Temperatura zraka

Temperatura je fizikalna veličina in je posledica gibanj molekul snovi v zraku. Osnovna enota je °C, velikokrat pa uporabljamo tudi enoto Kelvin (K). Temperaturo merimo s termometrom, največkrat na stojišču instrumenta in na stojišču reflektorja, saj temperaturo atmosfere ni mogoče aproksimirati z meritvami le na eni krajni točki. Za temperaturo v standardni atmosferi velja, da se na vsakih 100 m višinske razlike temperaturni gradient zmanjša za 0,65°C [1]. Le- ta je bistveno večji v prizemnih plasteh, ker se ozračje ne segreva samo neposredno, ampak se najprej ogrejejo tla in nato šele ozračje nad tlemi. Zato temperature ne merimo zelo nizko nad tlemi.

b) Zračni tlak

Zračni tlak je teža zraka, ki pritiska na ploskev pod sabo. Merimo ga z barometri, običajno na stojišču instrumenta. Osnovna enota za tlak je pascal (Pa), v praksi pa se pogosto uporablja tudi enota bar. Tlak je odvisen od temperature zraka, geografske širine in vlage v zraku. Z nadmorsko višino zračni tlak pada.

c) Vlažnost zraka

Vlažnost je določena s količino vodne pare v zraku. Merimo jo s higrometri oziroma psihrometri. Po Daltonovem zakonu je tisti tlak, ki ga pokaže barometer, enak vsoti delnega

tlaka suhega zraka in delnega tlaka vodne pare. Pri določeni temperaturi lahko zrak sprejme določeno količino vodne pare. Ko ta doseže zgornjo mejo, govorimo o nasičenem tlaku vodne pare. Vlažnost zraka lahko podamo kot relativno ali absolutno. Relativna vlažnost je razmerje delnega in nasičenega tlaka vodne pare in jo izražamo v odstotkih. Absolutna vlažnost je podana kot masa vodne pare na kubični meter zraka [7].

$$\eta = \frac{e}{E} \quad (2)$$

- relativna vlažnost: η
- delni tlak vodne pare: e
- nasičen tlak vodne pare: E

Preglednica 2: Meteorološki pogoji v času izmere

TOČKA	Temperatura	Tlak	Vlažnost
2	16,5°C	981,5 mbar	41,4 %
3	16,0°C	981,5 mbar	52,3 %
4	18,0°C	982,1 mbar	37,0 %
5	17,0°C	982,1 mbar	42,4 %
6	/	/	/
7	16,5°C	982,1 mbar	44,1 %
8	14,5°C	981,7 mbar	52,0 %

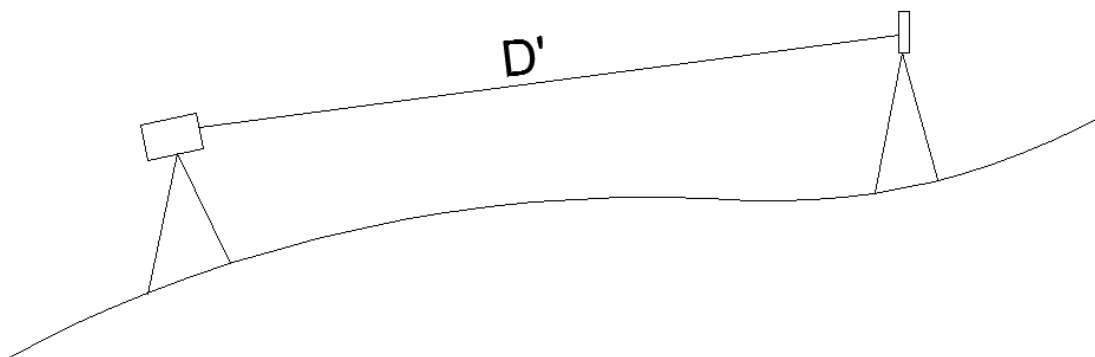
5 REDUKCIJA DOLŽIN

Merjena dolžina, ki jo pridobimo na terenu, velikokrat nima veliko uporabnosti za nadaljnje računanje. To velja predvsem v primeru, ko želimo zagotoviti koordinate točk z visoko natančnostjo. Ta dolžina je merjena poševno in je zaradi meteoroloških vplivov ukrivljena. S številnimi popravki jo popravimo in reduciramo do stopnje, da jo lahko uporabimo za računanje na izbrani referenčni ploskvi oziroma nivoju. Za izhodišče vzamemo dolžino, ki jo je instrument izmeril na terenu na osnovi dejanske merske frekvence [7].

5.1 Pogrešek določitve ničelne točke razdaljemera in reflektorja

Multiplikacijska konstanta k_m je merilo razdaljemera. Dobimo jo kot razmerje med nominalno frekvenco f_0 in dejansko mersko frekvenco f_M . Če sta ti dve frekvenci enaki, bo dolžina D prava vrednost.

$$k_m = \frac{f_0}{f_M} \quad (3)$$



Slika 6: Merjena dolžina

Tako merjeno dolžino D' (Slika 6), ki jo je prikazal instrument, popravimo za vpliv pogreška multiplikacijske konstante k_m in adicijske konstante k_a razdaljemera in prizme [1, 7].

$$D_a = D' \cdot k_m + k_a \quad (4)$$

5.2 Meteorološki popravki - Prvi popravek hitrosti

Merjena dolžina je ob različnih meteoroloških pogojih različna. Na velikost dolžine tako vplivajo temperatura, tlak in vodna para. Ti parametri vplivajo na optično gostoto zraka, skozi katerega potuje elektromagnetno valovanje (EMV) razdaljemera. Hitrost širjenja EMV se spremeni, ko se spremenijo meteorološki pogoji.

Dolžina, ki jo prikaže instrument, temelji na nominalnem (referenčnem) lomnem količniku n_0 .

Ta je od proizvajalca do proizvajalca različen. Velja:

$$n_0 = n(\lambda_{\text{Neff}}, t_0, p_0, e_0) \quad (5)$$

kjer so:

- λ_{Neff} – efektivna valovna dolžina EOR
- t_0 – nominalna temperatura
- p_0 – nominalen tlak
- t_0 – nominalni delni tlak vodne pare

Referenčne podatke poda proizvajalec in so običajno enaki za eno vrsto razdaljemerov.

Primer referenčnih podatkov elektronskega tahimetra Leica Geosystems TCRP 1201+R1000, ki jih navaja proizvajalec:

- $\lambda_{Neff} = 0,658 \mu\text{m}$
- $t_0 = 12^\circ\text{C}$
- $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$
- $n_0 = 1,0002863$

Dejanska dolžina se meri v dejanski atmosferi, kjer velja dejanski lomni količnik n_D . Njegova vrednost se izračuna na podlagi empirične enačbe:

$$n_D = n(\lambda_{Neff}, t, p, e) \quad (6)$$

$$n_D = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{p}{1013.25} - \frac{4.125 \cdot 10^{-8}}{1 + \alpha \cdot t} \cdot e \quad (7)$$

kjer je n_G grupni lomni količnik in ga izračunamo na podlagi efektivne valovne dolžine.

Razteznostni koeficient α dobimo kot: $\alpha = \frac{1}{237.16}$.

Tako dobimo dolžino D_1 , ki je popravljena za prvi popravek hitrosti:

$$D_1 = D_a \cdot \frac{n_0}{n_D} \quad (8)$$

Pri daljših dolžinah moramo upoštevati tudi drugi popravek hitrosti. Pri prvem popravku hitrosti predpostavljamo, da svetlobni žarek potuje po enaki poti kot je ukrivljenost Zemlje. Torej velja, da se vrednost dejanskega lomnega količnika med točkama spreminja linearno.

Tega pa ne moremo trditi pri spremembah višine vizure nad fizično površino Zemlje. Dejanski lomni količnik se z višino manjša, saj tu gostota zraka pada [1, 7].

5.3 Geometrični popravki

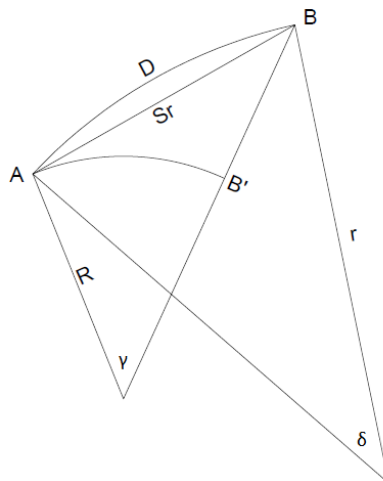
Geometrični popravek je razlika med merjeno prostorsko krivuljo in med premo dolžino, ki poteka na nivoju točk. Najprej določimo tetivo, ki pripada prostorski krivulji, nato pa dolžino reduciramo na nivo točk (t.i. redukcija kamen- kamen).

a) Popravek zaradi ukrivljenosti merskega žarka

Zaradi refrakcije je merjena dolžina dejansko prostorska krivulja. Ta dolžina predstavlja del krožnega loka z radijem R . Zanima nas velikost tetive S_r , ki jo dobimo z enačbo:

$$S_r = D_1 + k_r = D_1 - k^2 \cdot \frac{D_1^3}{24 \cdot R^2} \quad (9)$$

k_r predstavlja geometrični popravek, ki ga dobimo z upoštevanjem dolžine D_1 , popravljene za meteorološke popravke, radija Zemlje R in koeficienta refrakcije k (Slika 7).



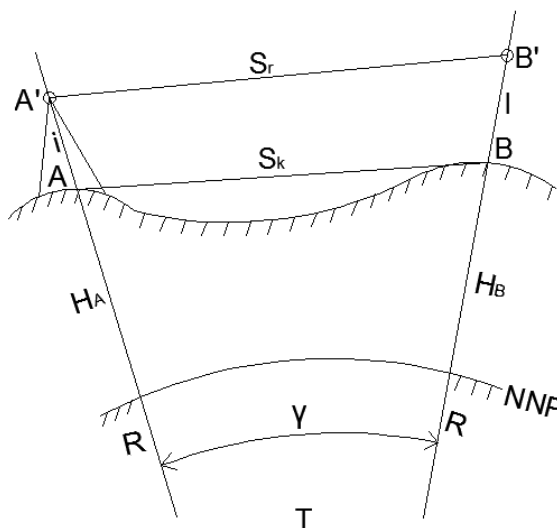
Slika 7: Refrakcijska krivulja D in pripadajoča tetiva S_r

b) Redukcija zaradi vertikalne ekscentricitete

Pri tej redukciji upoštevamo izračunano vrednosti poševne dolžine S_r na nivoju stativov ter višini instrumenta i in reflektorja l . Pri računanju redukcije zaradi vertikalne ekscentricitete, kjer je dana višinska razlika med točkama, imamo dodatno izmerjene oz. dane tudi

nadmorske višine točk stojišča instrumenta H_A in reflektorja H_B . Slika 8 prikazuje dolžino S_k , ki se ob upoštevanju geometričnih popravkov izračuna kot [1, 7]:

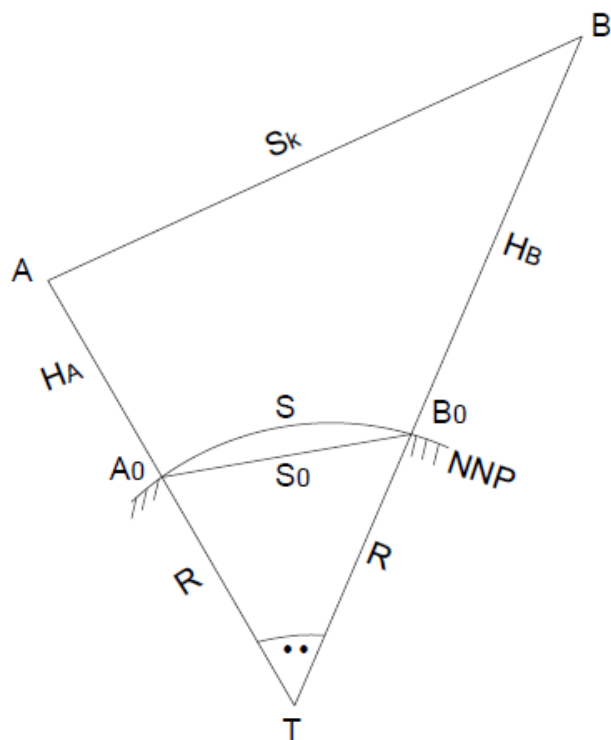
$$S_k = S_r + \frac{(i-l) \cdot (H_B - H_A)}{S_r} - \frac{(i-l)^2}{2 \cdot S_r} - \frac{(i+l)}{2 \cdot R} \cdot S_r \quad (10)$$



Slika 8: Redukcija dolžine na nivo točk (kamen- kamen)

5.4 Projekcijski popravki

S projekcijskimi popravki izračunamo dolžino na izbrani projekcijski ravnini. Iz prostorske tetive S_k preidemo na tetivo S_0 na nivoju horizonta, kot prikazuje Slika 9.



Slika 9: Direktna redukcija na ničelno nivojsko ploskev

Dejstvo je, da moramo za izračun tetive S_0 poznati nadmorske višine točk H_B in H_A ali pa višino ene točke in merjeno zenitno razdaljo.

Ker imamo v našem primeru dane višine točk, smo za izračun tetive S_0 uporabili enačbo:

$$S_0 = \sqrt{\frac{S_k^2 - (H_A - H_B)^2}{\left(1 + \frac{H_A}{R}\right) \cdot \left(1 + \frac{H_B}{R}\right)}} \quad (11)$$

S to enačbo smo dobili reducirane dolžine na srednjo višino točk, ki smo jih uporabili v izravnavi za pridobitev koordinat točk geodetske mreže [1, 7].

6 IZRAVNAVA GEODETSKE MREŽE

Izravnavo smo opravili ločeno za položajno in za višinsko mrežo. Za izravnavo položajne mreže smo uporabili program GEM 4.0, za izravnavo višinske mreže pa program VimWin.

6.1 Izravnavo položajne mreže

Za izravnavo položajne mreže smo uporabili program GEM 4.0 avtorjev Tomaža Ambrožiča, Gorana Turka in Zvonimirja Jamška. Program za izračun rezultatov uporablja Gauss- Markov model posredne izravnave. Sestavljen je iz funkcijskega in stohastičnega modela.

Za rešitev funkcijskega modela izračunamo matrično enačbo:

$$v + B \cdot \Delta = f \quad (12)$$

kjer so:

- v - vektor popravkov opazovanj,
- B - matrika koeficientov enačb popravkov, izračunana na osnovi približnih vrednosti neznank,
- Δ - vektor neznank in
- f - vektor odstopanj oziroma prostih členov enačb popravkov.

Sistem normalnih enačb ima obliko:

$$N = B^T \cdot P \cdot B \quad (13)$$

$$t = B^T \cdot P \cdot f \quad (14)$$

kjer je:

N . . . matrični sistem normalnih enačb,

t . . . predstavlja vektor sistema linearnih enačb in

P . . . matrika uteži.

Rešitev funkcionalnega modela posredne izravnave je sestavljena iz treh vektorjev:

$$\Delta = N^{-1} \cdot t \quad (15)$$

$$v = f - B \cdot \Delta \quad (16)$$

$$\hat{l} = l + v \quad (17)$$

Iz enačbe (17) vidimo, da merjenim vrednostim l prištejemo popravke v in dobimo izravnane vrednosti opazovanj \hat{l} .

Pri stohastičnem modelu najprej definiramo referenčno varianco a-posteriori:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{v^T \cdot P \cdot v}{n - n_0} \quad (18)$$

Nato izračunamo matrike kofaktorjev:

$$Q_{\Delta\Delta} = N^{-1} \quad (19)$$

$$Q_{vv} = Q - B \cdot Q_{\Delta\Delta} \cdot B^T \quad (20)$$

$$Q_{\tilde{\tilde{}}} = Q - Q_{vv} \quad (21)$$

Sledi izračun variančno kovariančnih matrik [8, 9]:

$$\Sigma_{\Delta\Delta} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot Q_{\Delta\Delta} \quad (22)$$

$$\Sigma_{vv} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot Q_{vv} \quad (23)$$

$$\Sigma_{\tilde{\tilde{}}} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot Q_{\tilde{\tilde{}}} \quad (24)$$

kjer so:

- $\Sigma_{\Delta\Delta}$ - variančno kovariančna matrika neznank,
- Σ_{vv} - variančno kovariančna matrika popravkov opazovanj in
- $\Sigma_{\tilde{\tilde{}}}$ - variančno kovariančna matrika izravnanih opazovanj.

6.2 Izravnava višinske mreže

Za izravnavo višinske mreže smo uporabili program VimWin avtorjev Tomaža Ambrožiča in Gorana Turka. Program za izravnavo uporablja metodo najmanjših kvadratov po postopku posredne izravnave. Sestavljen je iz matematičnega modela, ki ga tvorita funkcijski in stohastični model. Postopek posredne izravnave je opisan v poglavju 6.1 [10].

7 IZVEDBA MERITEV

Nekaj dni pred meritvami smo opravili ogled terena. Na ogledu terena smo poiskali stabilizirane točke, preverili kakovost stabilizacije točk, določili katere točke bodo vključene v izmero ter se dogovorili o poteku in načinu dela.

Na dan meritev smo na vsako točko postavili stativ. Pri izmeri smo uporabili metodo prisilnega centriranja. Z žepnim merskim trakom smo izmerili višino instrumenta in višino vseh prizem, ter si te podatke zapisali. Pričeli smo z meritvami prvega girusa, kjer smo merili horizontalne kote, zenitne razdalje in poševne dolžine do vseh točk, katere so se z danega stojišča videle. Meritve smo izvedli v 3 girusih. Med meritvami smo merili meteorološke parametre, ki vplivajo na merjene dolžine. Pregled vseh opazovanj je zbran v vhodni datoteki programa GEM 4.0 v Prilogi A1.

8 DOLOČITEV DEFINITIVNIH KOORDINAT TOČK MREŽE

V geodeziji običajno izmerimo več količin, kot jih potrebujemo za enolično določitev nove količine. Razlog temu je izboljšanje kakovosti meritev in pridobitev sredstva za oceno kakovosti meritev. Do najverjetnejšega rezultata lahko pridemo s postopkom izravnave po metodi najmanjših kvadratov.

Na terenu smo zaradi omenjenega razloga tudi mi opravili nadštevilna opazovanja. Merjene količine smo morali ustrezno popraviti in preračunati (glej poglavje 5), da smo jih lahko uporabili v postopku izravnave.

Za obdelavo podatkov smo si v programu Matlab naredili ustrezna programska orodja. Obdelava podatkov je vključevala: redukcijo dolžin, izračun sredin merjenih smeri in zenitnih razdalj po girusni metodi. Rezultati redukcij dolžin ter izračunane sredine girusov merjenih smeri so vhodni podatki za izravnavo položajne mreže, sredine zenitnih razdalj pa smo skupaj z merjenimi poševnimi dolžinami uporabili pri izračunu višinskih razlik, ki so vhodni podatek za izravnavo višinske mreže.

Izračun sredine smeri po girusni metodi je potekal tako, da smo najprej izračunali aritmetično sredino meritev v I. in II. krožni legi, nato pa reducirali opazovane smeri na ničelno smer. To pomeni, da je vrednost opazovane začetne smeri $0^{\circ}00'00''$. Ker smo meritve opravil v treh girusih, smo tako morali izračunati še sredine girusov (primer izračuna je v Preglednici 3) [6].

Preglednica 3: Primer izračuna sredine opazovanih smeri po girusni metodi

Girus	Vizura na točko	I:Krožna lega	II: Krožna lega	$\frac{I + II}{2}$	Reducirane smeri	Sredina girusov
1.	1	113°38'38"	113°38'32"	113°38'35"	00°00'00"	00°00'00"
	2	166°01'14"	166°01'12"	166°01'13"	52°22'38"	52°22'42"
	3	202°50'32"	202°50'24"	202°50'28"	89°11'53"	89°11'57"
2.	1	113°38'34."	113°38'18"	113°38'26"	00°00'00"	
	2	166°01'14"	166°01'08"	166°01'11"	52°22'45"	
	3	202°50'28"	202°50'24"	202°50'26"	89°12'00"	

8.1 Izravnava položajne geodetske mreže

Za izravnavo položajne geodetske mreže v programu GEM 4.0, smo morali pripraviti vhodno datoteko. Poleg popravljenih in urejenih opazovanj so vhodni podatki tudi koordinate novih točk. Mrežo smo izravnali kot prosto, kar pomeni, da so v izravnavi kot nove točke nastopale vse točke mreže: 2, 3, 4, 5, 6, 7 in 8. Za približne koordinate teh točk smo vzeli vrednosti, ki so bile izmerjene z RTK GNSS metodo izmere (Preglednica 4).

Preglednica 4: Točke določene z GNSS izmero in njihova natančnost

TOČKA	e_{GNSS} [m]	n_{GNSS} [m]	H_{GNSS} [m]	σe_{GNSS} [m]	σn_{GNSS} [m]	σH_{GNSS} [m]
2	461249,594	100587,407	293,682	0,0041	0,0046	0,0082
3	461295,534	100589,107	293,963	0,0041	0,0046	0,0082
4	461239,560	100530,896	289,717	0,0039	0,0042	0,0075
5	461291,497	100554,212	289,516	0,0051	0,0055	0,0096
6	461254,582	100574,738	290,915	0,0043	0,0052	0,0086
7	461274,018	100522,674	290,164	0,0041	0,0044	0,0080
8	461307,985	100516,071	293,508	0,0039	0,0043	0,0077

Postopek izravnave mreže v programu GEM 4.0 začnemo z uvozom vhodne datoteke, ki ima končnico *.pod (Priloga A1). Program omogoča naknadno urejanje točk, opazovanj ter parametrov izravnave. Ko smo zagnali izračun, nam program ponudi več izhodnih datotek, med katerimi je tudi datoteka z rezultati *.rez (Priloga A2).

Koordinate in natančnosti določitve koordinat položajne mreže po izravnavi so zbrane v Preglednici 5.

Preglednica 5: Izravnane vrednosti položajnih koordinat in njihova natančnost

Točka	e_{IZR} [m]	n_{IZR} [m]	σe_{IZR} [m]	σn_{IZR} [m]	σp_{IZR} [m]
2	461249,599	100587,406	0,0002	0,0002	0,0003
3	461295,538	100589,115	0,0002	0,0003	0,0003
4	461239,560	100530,893	0,0003	0,0002	0,0003
5	461291,491	100554,215	0,0001	0,0002	0,0002
6	461254,585	100574,726	0,0003	0,0003	0,0004
7	461274,014	100522,679	0,0002	0,0002	0,0002
8	461307,984	100516,071	0,0002	0,0002	0,0003

Na natančnost določitve točk geodetske mreže vpliva več dejavnikov [3]:

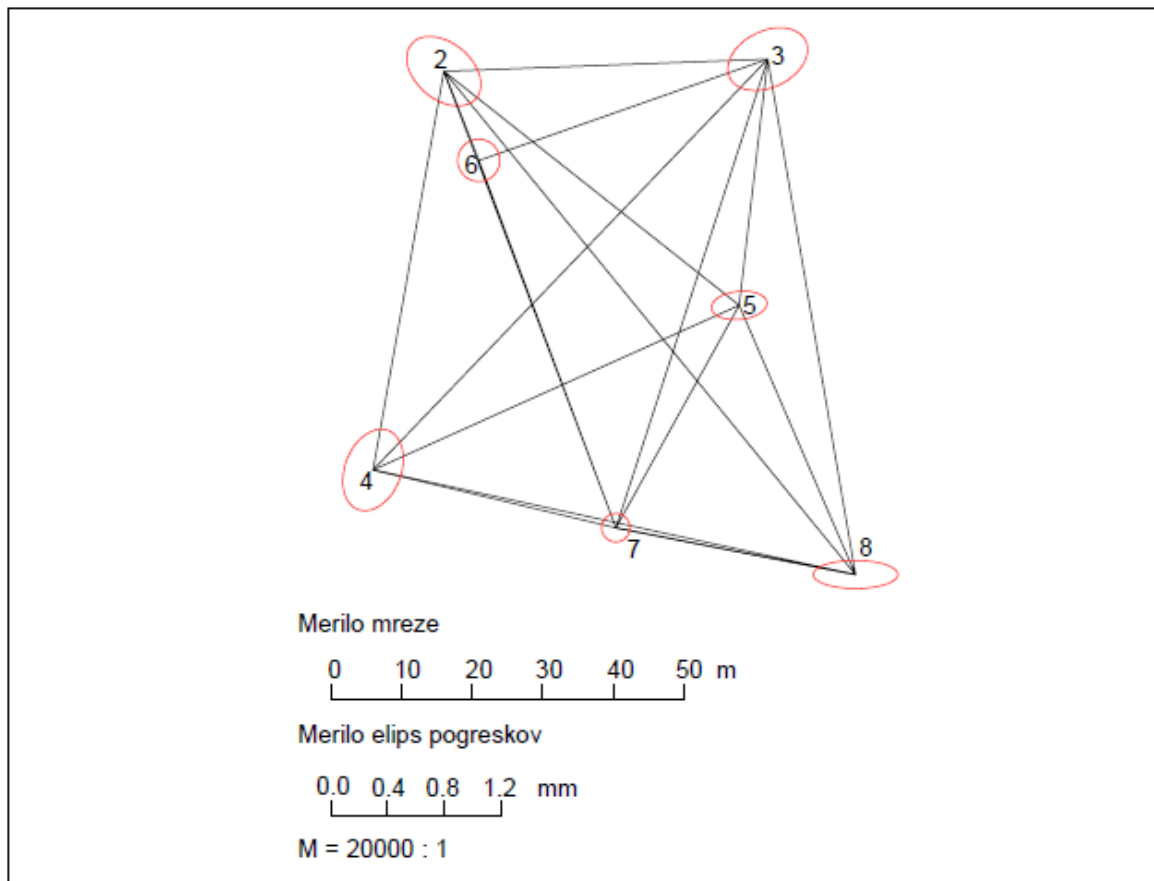
- geometrijska razporeditev točk (oblika mreže),
- kvaliteta določitve danih točk,
- metoda izmere, uporabljen instrumentarij,
- objektivni pogoji (vreme, teren),
- subjektivni pogoji (sposobnost opazovalca, ekipa) in
- izravnavna.

Natančnost določitve koordinat točk mreže lahko opišemo tudi s standardnimi elipsami pogreškov, ki jo definirata polos a in b , ter kot zasuka θ .

Preglednica 6: Standardne elipse pogreškov za posamezne točke geodetske mreže

Točka	a [m]	b [m]	θ [°]
2	0,0003	0,0002	140
3	0,0003	0,0002	26
4	0,0003	0,0002	69
5	0,0002	0,0001	7
6	0,0003	0,0003	113
7	0,0002	0,0002	172
8	0,0003	0,0001	135

Standardna elipsa pogreškov predstavlja območje, znotraj katerega se z 39,4% verjetnostjo nahajata položajni koordinati točke. Parameter a predstavlja veliko polos elipse, parameter b malo polos, kot θ pa predstavlja kot zasuka velike polosi. Rezultati so zbrani v Preglednici 6 in prikazani na Sliki 10.



Slika 10: Standardne elipse pogreškov

Slika 10 predstavlja standardne elipse pogreškov koordinat točk. Na točki 6 in 7 je natančnost enaka v vseh smereh, saj sta polos a in b enako veliki (na točki 6 znašata 0,3 mm, na točki 7 pa 0,2 mm). To pomeni, da so kotna in dolžinska opazovanja imela enak vpliv na natančnost določitve položaja točke. Medtem ko na točki 8 elipsa pogreškov kaže na večji vpliv kotnih opazovanj s točk 2, 3 in 5. Če pogledamo primer na točki 5 vidimo, da ima merjena dolžina s točke 4 večji vpliv na natančnost, kakor merjen kot. V Preglednici 7 so navedeni pogreški koordinat točk.

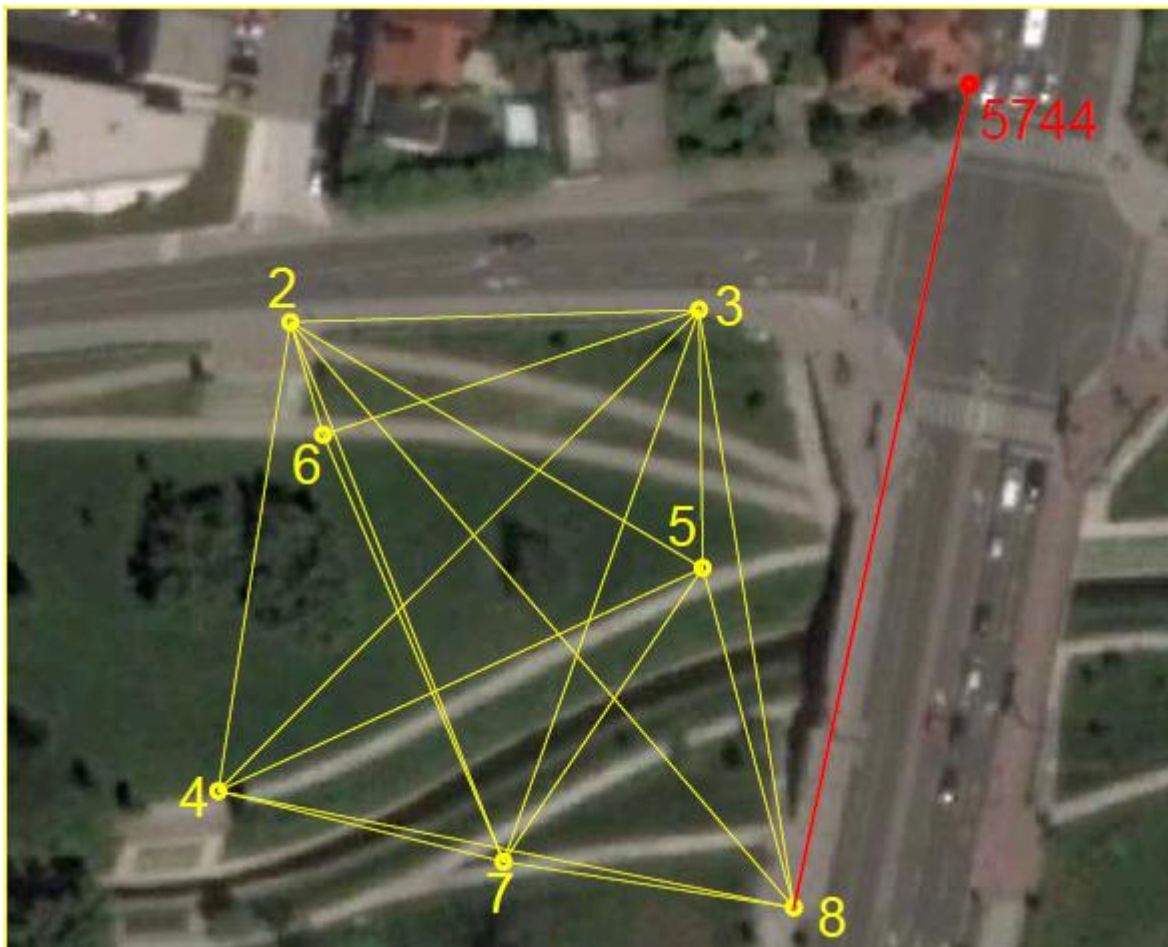
Preglednica 7: Analiza natančnosti izravnave položajnih koordinat točk

Srednji pogrešek utežne enote	0,92799
Srednji pogrešek smeri	1,2064"
Srednji pogrešek dolžin	1,8560 mm
Največji položajni pogrešek	0,0004 m
Najmanjši položajni pogrešek	0,0002 m
Srednji položajni pogrešek	0,0003 m

Srednji pogrešek utežne enote je blizu 1, kar pomeni, da je izravnava bila realna (referenčni standardni odklon a-posteriori po izravnavi, je primerljiv z a-priori oceno natančnosti pred izravnavo) in natančnost opazovanj dobra (brez vpliva grobih pogreškov). Največji položajni pogrešek znaša 0,4 mm na točki 6. To točko smo opazovali le s treh stojišč, kar pomeni, da smo imeli manj nadštevilnih opazovanj, ki bi jih lahko uporabili v izravnavi. Ker se z večanjem števila nadštevilnih opazovanj natančnost veča, je zato na točki 6 položajna natančnost pričakovano najslabša. Najboljša položajna natančnost je na točkah 5 in 7. Točka 5 je imela zelo dobro geometrijsko razporeditev opazovanj, saj so bila razporejena po skoraj celem horizontu. Tudi točka 7 je imela boljšo geometrijsko razporeditev opazovanj, v primerjavi s točkami 2, 3 in 6.

8.2 Višinska izravnava

Višinsko izravnavo smo izvedli s programom VimWin. Za vhodne podatke oz. približne višine točk smo uporabili višine, ki smo jih pridobili z RTK GNSS izmero. Za točko z dano višino smo uporabili reper 5744 mestne nivelmanske mreže Ljubljana, ki se nahaja v bližini območja izmere. Z metodo geometričnega nivelmana je bila določena višinska razlika med reperm 5744 in točko 8 (Slika 11). S tem smo zagotovili navezavo naše mreže na državni višinski sistem. Točke 2, 3, 4, 5, 6, 7 in 8 so v postopku izravnave bile nove. V vhodno datoteko s končnico *.pod smo zapisali višinske razlike med točkami in dolžino, ki je vhodni podatek za izračun uteži opazovanj (Priloga B1). Ker so višinske razlike določene z metodo trigonometričnega višinomerstva, smo morali za pravilen izračuna uteži za razdaljo med točkama vnesti kvadrate horizontalnih razdalj med točkami. Po zagonu programa VimWin smo vnesli ime vhodne datoteke. Po izravnavi nam program izpiše več izhodnih datotek. Rezultate o izravnanih nadmorskih višinah točk ter ocenjenih natančnostih določitve višin točk najdemo v datoteki *.rez (Priloga B2).

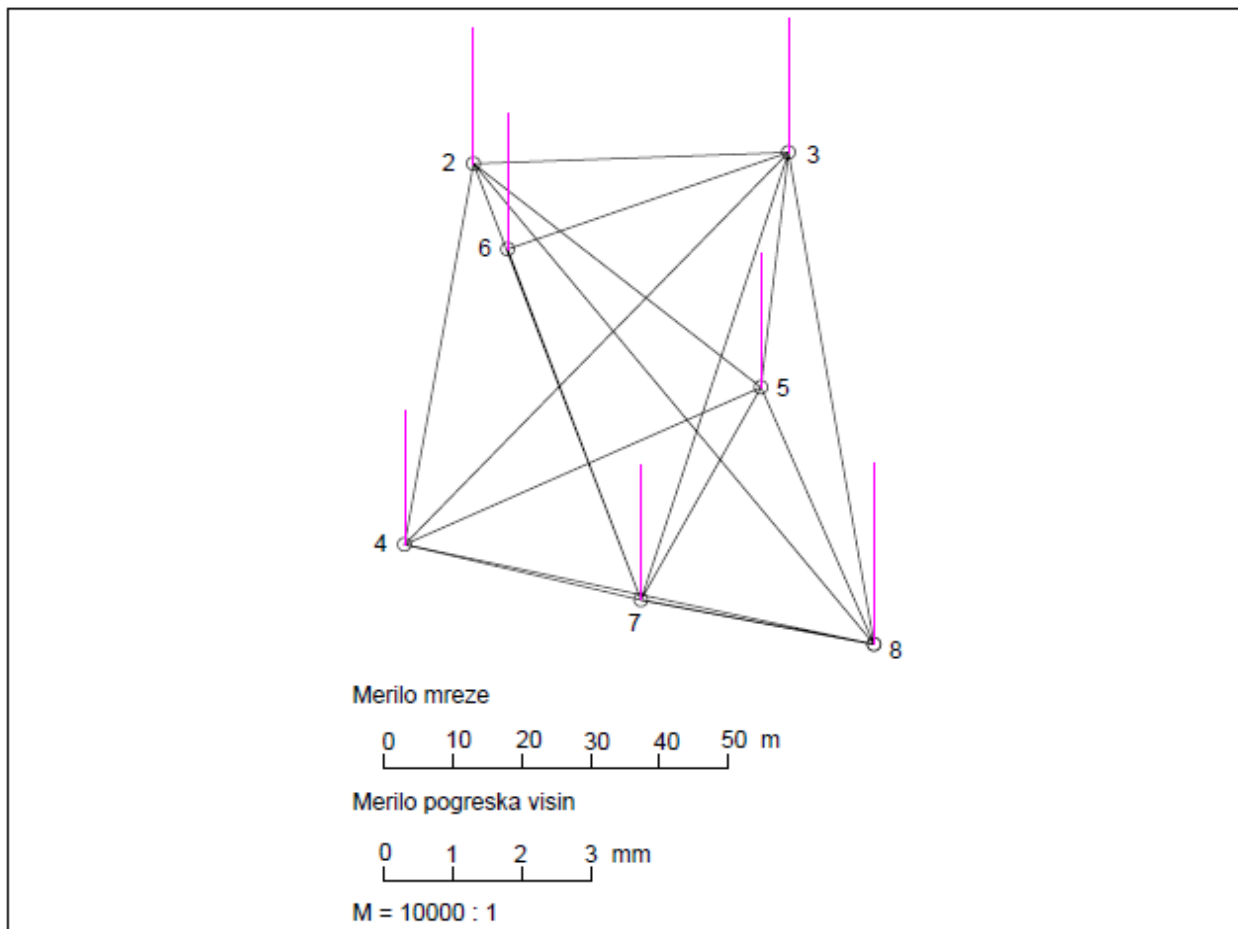


Slika 11: Lokacija reperja 5744

Rezultati izravnave višinske mreže so zbrani v Preglednici 8.

Preglednica 8: Izravnane nadmorske višine točk in njihova natančnost

Točka	Približna višina [m]	Popravek višine[m]	Definitivna višina [m]	Srednji pogrešek višine[m]
2	293,682	0,095	293,777	0,0027
3	293,963	0,088	294,051	0,0027
4	289,717	0,094	289,810	0,0027
5	289,516	0,088	289,604	0,0027
6	290,915	0,100	291,015	0,0027
7	290,164	0,092	290,256	0,0027
8	293,508	0,091	293,599	0,0027



Slika 12: Natančnost merjenih višinskih razlik

Natančnost določitve nadmorskih višin točk znaša 2,7 mm (Slika 12). Glede na to, da so razdalje med točkami relativno kratke in višinske razlike med točkami dokaj majhne (znašale so od par decimetrov pa do nekaj več kot štiri metre), smo glede na uporabljen metodo dobili pričakovane rezultate.

9 PRIMERJAVA KOORDINAT TOČK

V Preglednici 9 so navedene položajne koordinate točk, določene na osnovi merjenih količin s klasično terestrično izmero in koordinate točk, pridobljene z RTK GNSS metodo.

Preglednica 9: Razlika položajnih koordinat točk določenih na osnovi klasične in RTK GNSS metode izmere

Točka	Klasična metoda izmere		RTK GNSS metoda izmere		Δe [mm]	Δn [mm]
	e_{IZR} [m]	n_{IZR} [m]	e_{GNSS} [m]	n_{GNSS} [m]		
2	461249,599	100587,406	461249,594	100587,407	5	-1
3	461295,538	100589,115	461295,534	100589,107	4	8
4	461239,560	100530,893	461239,560	100530,896	0	-3
5	461291,491	100554,215	461291,497	100554,212	-6	3
6	461254,585	100574,726	461254,582	100574,738	3	-12
7	461274,014	100522,679	461274,018	100522,674	-4	5
8	461307,984	100516,071	461307,985	100516,071	-1	0

Iz preglednice 9 lahko vidimo, da razlika položajnih koordinat znaša od - 6 mm do 5 mm na vodoravni osi in od - 12 mm do 8 mm na navpični osi.

Preglednica 10: Razlika nadmorskih višin točk, pridobljene na osnovi trigonometričnega in RTK GNSS metode višinomerstva

Točka	Po izravnavi	RTK GNSS metoda izmere	ΔH [mm]
	H_{IZR} [m]	H_{GNSS} [m]	
2	293,777	293,682	95
3	294,051	293,963	88
4	289,810	289,717	93
5	289,604	289,516	88
6	291,015	290,915	100
7	290,256	290,164	92
8	293,599	293,508	91

Višinska razlika med točkam znaša od 88 mm do 10 cm (Preglednica 10). To pomeni, da se nadmorske višine točk, določene z reperjev mestne nivelmanske mreže Ljubljana ter nadmorske višine istih točk, ki so bile izračunane na osnovi merjenih elipsoidnih višin ter modela geoida, razlikujejo za 10 cm. Vse kaže na to, da je model geoida na tem območju slabo določen [5].

10 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga prikazuje praktičen primer vzpostavitve, izmere in izračuna geodetske mreže za potrebe geodetsko inženirskih del. Geodetska mreža je nepogrešljiv del vsake geodetske izmere. Glede na namen izmere je odvisno s kakšno natančnostjo določimo koordinate novih točk. Za potrebe geodezije v inženirstvu se pogosto najprej vzpostavi geodetska mreža z metodo GNSS izmere, nato se pa za njeno nadaljnjo uporabo mrežo izmeri še s klasično metodo. Iz rezultatov lahko vidimo, da so se koordinate točkam spremenile od - 6 mm do 5 mm na vodoravni osi in od - 12 mm do 8 mm na navpični osi.

Z merjenjem horizontalnih in vertikalnih kotov ter dolžin, smo pridobili vse podatke za izravnavo. Ob vsem tem smo upoštevali tudi vremenske pogoje na terenu, ki smo jih vključili v enačbe za izračun popravkov merjenih dolžin. Glede na velikost dolžin meteorološki pogoji minimalno vplivajo na reducirane dolžine. Večji pomen bi imeli ob merjenju par stometrskih dolžin.

Geometrijska razporeditev točk v geodetski mreži je bila še kar dobra, kar je veliko pripomoglo h boljši natančnosti določitve koordinat točk. Po navedbah proizvajalca, smo geodetsko mrežo izmerili z instrumentom, ki zagotavlja visoko natančnost merjenih količin. To sta dva razloga, zaradi katerih smo pričakovali visoko natančnost določitve koordinat točk.

Po primerjavi rezultatov med koordinatami, pridobljenimi z RTK GNSS metodo izmere in klasično metodo izmere sklepamo, da RTK GNSS metoda izmere zagotovi bolj natančne položajne koordinate točk, kot višinske. Razlika položajnih koordinat točk med obema metodama znaša do enega centimetra, medtem ko razlika višin točk znaša tudi do 10 cm. Dejstvo je, da je RTK GNSS višinomerstvo slabše natančnosti kot RTK GNSS določitev položaja točke.

Zaključim torej lahko, da pri vzpostavitvi geodetske mreže za namene zakoličevanja objektov potrebujemo obe metodi izmere: RTK GNSS metodo, da vzpostavimo mrežo ter tako pridobimo približne koordinate točk in klasično metodo, da kontroliramo koordinate točk določene z RTK GNSS metodo izmere in da dosežemo višjo natančnost.

VIRI

[1] Kogoj, D., Savšek S. 2012. Prosojnice pri predmetu Precizna klasična geodetska izmera. Osebna komunikacija. (15. 5. 2013.)

[2] Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera: gradivo za strokovni izpit iz geodetske stroke. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 41 str.

[3] Petrovič, M. 2010. Vzpostavitev geodetske mreže za potrebe zakoličevanja objektov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Petrovič): 130 str.

[4] Leica Geosystems. 2008. Leica TPS1200+ User manual.

http://www.surveyequipment.com/PDFs/TPS1200_User_Manual.pdf (Pridobljeno 8. 5. 2013.)

[5] Stopar, B., Kuhar, M., Koler, B. idr. 2010. Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov.

[http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo_za_GNSS-
visinomerstvo_r2.pdf](http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo_za_GNSS-
visinomerstvo_r2.pdf) (Pridobljeno 23. 5. 2013.)

[6] Šilec, I. 2010. Ocena kakovosti izmeritvene geodetske mreže za potrebe izdelave geodetskega načrta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba I. Šilec): 104 str.

[7] Kogoj, D. 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljmeri. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

[8] Ajdovnik, T. 2013. Vzpostavitev geodetske mreže za kontrolo stabilnosti hidroelektrarne Krško. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Ajdovnik): 142 str.

[9] Miculinič, A. 2007. Primerjava natančnosti meritev, izvedenih klasično in z avtomatskim viziranjem ter analiza rezultatov izravn. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Miculinič): 156 str.

[10] Urbančič, T. 2010. Določitev vertikalnih premikov v višinski geodetski mreži na območju Ljubljanske kotline. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Urbančič): 118 str.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A1: Vhodna datoteka za izravnavo položajne mreže v programu GEM 4.0 (*.pod)

PRILOGA A2: Izhodna datoteka s podatki izravnave položajne mreže v programu GEM 4.0 (*.rez)

PRILOGA B1: Vhodna datoteka za izravnavo višinske mreže v programu VimWin (*.pod)

PRILOGA B2: Izhodna datoteka s podatki izravnave višinske mreže v programu VimWin (*.rez)

PRILOGA A1

*n

8	461307,9852	100516,0705
4	461239,5604	100530,8956
2	461249,5937	100587,4066
3	461295,5344	100589,1074
5	461291,4966	100554,2117
6	461254,5821	100574,7382
7	461274,0177	100522,6737

*o

1	2	3	0	0	0,000	1,00	1	DA
1	2	5	40	28	45,683	1,00	1	DA
1	2	8	52	47	23,883	1,00	1	DA
1	2	6	70	37	50,183	1,00	1	DA
1	2	7	71	25	15,867	1,00	1	DA
1	2	4	102	9	29,800	1,00	1	DA
1	3	8	0	0	0,000	1,00	1	DA
1	3	5	16	17	3,817	1,00	1	DA
1	3	7	27	37	15,633	1,00	1	DA
1	3	4	53	32	37,750	1,00	1	DA
1	3	6	80	18	38,283	1,00	1	DA
1	3	2	97	32	25,050	1,00	1	DA
1	8	7	0	0	0,000	1,00	1	DA
1	8	4	1	12	51,183	1,00	1	DA
1	8	2	39	41	32,933	1,00	1	DA
1	8	5	55	36	34,167	1,00	1	DA
1	8	3	69	19	14,117	1,00	1	DA
1	7	4	0	0	0,000	1,00	1	DA
1	7	2	55	55	24,233	1,00	1	DA
1	7	6	56	7	6,967	1,00	1	DA
1	7	3	94	32	25,950	1,00	1	DA
1	7	5	105	35	5,850	1,00	1	DA
1	7	8	177	35	48,833	1,00	1	DA
1	4	2	0	0	0,000	1,00	1	DA
1	4	3	33	48	4,700	1,00	1	DA
1	4	5	55	44	32,733	1,00	1	DA
1	4	8	92	8	57,483	1,00	1	DA
1	4	7	93	20	14,333	1,00	1	DA
1	5	2	0	0	0,000	1,00	1	DA
1	5	3	58	13	24,383	1,00	1	DA
1	5	8	208	13	40,250	1,00	1	DA
1	5	7	260	36	19,767	1,00	1	DA
1	5	4	297	25	35,733	1,00	1	DA
2	2	3			45,97030	1,0000		DA
2	2	5			53,44830	1,0000		DA
2	2	8			92,18170	1,0000		DA
2	2	6			13,62380	1,0000		DA
2	2	7			69,18010	1,0000		DA
2	2	4			57,39670	1,0000		DA
2	3	8			74,09570	1,0000		DA
2	3	5			35,13290	1,0000		DA
2	3	7			69,83620	1,0000		DA
2	3	4			80,76490	1,0000		DA
2	3	6			43,40790	1,0000		DA
2	3	2			45,97000	1,0000		DA

2	8	7	34,60680	1,0000	DA
2	8	4	70,00900	1,0000	DA
2	8	2	92,18270	1,0000	DA
2	8	5	41,55740	1,0000	DA
2	8	3	74,09640	1,0000	DA
2	7	4	35,41800	1,0000	DA
2	7	2	69,18000	1,0000	DA
2	7	6	55,55720	1,0000	DA
2	7	3	69,83520	1,0000	DA
2	7	5	36,05600	1,0000	DA
2	7	8	34,60720	1,0000	DA
2	4	2	57,39950	1,0000	DA
2	4	3	80,76650	1,0000	DA
2	4	5	56,92800	1,0000	DA
2	4	8	70,01070	1,0000	DA
2	4	7	35,41770	1,0000	DA
2	5	2	53,44860	1,0000	DA
2	5	3	35,13320	1,0000	DA
2	5	8	41,55810	1,0000	DA
2	5	7	36,05490	1,0000	DA
2	5	4	56,92810	1,0000	DA

*PS

1.3

*PD

.002

*IK

DM

*IS

DE

*Konec

PRILOGA A2

Izravnava ravninske GEodetske Mreže
Program: GEM4, ver.4.0, oktober 2005
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk & Zvonimir Jamšek

Datum : 9.5.2013
Čas : 14:40

Ime datoteke s podatki:	GEM_nova_prosta.pod
Ime datoteke za rezultate:	GEM_nova_prosta.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	GEM_nova_prosta.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	GEM_nova_prosta.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	GEM_nova_prosta.koo
Ime datoteke z utežmi:	GEM_nova_prosta.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	GEM_nova_prosta.str
Ime datoteke za ProTra:	GEM_nova_prosta.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	GEM_nova_prosta.S11
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	GEM_nova_prosta.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	GEM_nova_prosta.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	GEM_nova_prosta.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	GEM_nova_prosta.pvv

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk
=====

Točka	Y (m)	X (m)
8	461307,9852	100516,0705
4	461239,5604	100530,8956
2	461249,5937	100587,4066
3	461295,5344	100589,1074
5	461291,4966	100554,2117
6	461254,5821	100574,7382
7	461274,0177	100522,6737

Vseh novih točk je : 7

Pregled opazovanih smeri
=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	3	8	0 0 0,0	0,000	1,00	1
2	3	5	16 17 3,8	0,000	1,00	1
3	3	7	27 37 15,6	0,000	1,00	1
4	3	4	53 32 37,8	0,000	1,00	1
5	3	6	80 18 38,3	0,000	1,00	1
6	3	2	97 32 25,1	0,000	1,00	1
7	8	7	0 0 0,0	0,000	1,00	1
8	8	4	1 12 51,2	0,000	1,00	1
9	8	2	39 41 32,9	0,000	1,00	1
10	8	5	55 36 34,2	0,000	1,00	1
11	8	3	69 19 14,1	0,000	1,00	1

12	7	4	0 0 0,0	0,000	1,00	1
13	7	2	55 55 24,2	0,000	1,00	1
14	7	6	56 7 7,0	0,000	1,00	1
15	7	3	94 32 26,0	0,000	1,00	1
16	7	5	105 35 5,9	0,000	1,00	1
17	7	8	177 35 48,8	0,000	1,00	1
18	4	2	0 0 0,0	0,000	1,00	1
19	4	3	33 48 4,7	0,000	1,00	1
20	4	5	55 44 32,7	0,000	1,00	1
21	4	8	92 8 57,5	0,000	1,00	1
22	4	7	93 20 14,3	0,000	1,00	1
23	5	2	0 0 0,0	0,000	1,00	1
24	5	3	58 13 24,4	0,000	1,00	1
25	5	8	208 13 40,3	0,000	1,00	1
26	5	7	260 36 19,8	0,000	1,00	1
27	5	4	297 25 35,7	0,000	1,00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
28	2	3	45,9703	0,0000	1,00
29	2	5	53,4483	0,0000	1,00
30	2	8	92,1817	0,0000	1,00
31	2	6	13,6238	0,0000	1,00
32	2	7	69,1801	0,0000	1,00
33	2	4	57,3967	0,0000	1,00
34	3	8	74,0957	0,0000	1,00
35	3	5	35,1329	0,0000	1,00
36	3	7	69,8362	0,0000	1,00
37	3	4	80,7649	0,0000	1,00
38	3	6	43,4079	0,0000	1,00
39	3	2	45,9700	0,0000	1,00
40	8	7	34,6068	0,0000	1,00
41	8	4	70,0090	0,0000	1,00
42	8	2	92,1827	0,0000	1,00
43	8	5	41,5574	0,0000	1,00
44	8	3	74,0964	0,0000	1,00
45	7	4	35,4180	0,0000	1,00
46	7	2	69,1800	0,0000	1,00
47	7	6	55,5572	0,0000	1,00
48	7	3	69,8352	0,0000	1,00
49	7	5	36,0560	0,0000	1,00
50	7	8	34,6072	0,0000	1,00
51	4	2	57,3995	0,0000	1,00
52	4	3	80,7665	0,0000	1,00
53	4	5	56,9280	0,0000	1,00
54	4	8	70,0107	0,0000	1,00
55	4	7	35,4177	0,0000	1,00
56	5	2	53,4486	0,0000	1,00
57	5	3	35,1332	0,0000	1,00
58	5	8	41,5581	0,0000	1,00
59	5	7	36,0549	0,0000	1,00
60	5	4	56,9281	0,0000	1,00

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 1,30 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 2,000 mm.

Število enačb popravkov je	60
- Število enačb popravkov za smeri je	27
- Število enačb popravkov za dolžine je	33
Število neznank je	19
- Število koordinatnih neznank je	14
- Število orientacijskih neznank je	5
Defekt mreže je	3
Število nadštevilnih opazovanj je	44

POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
8	-0,0014	0,0000	7,2
4	-0,0005	-0,0022	-11,1
2	0,0055	-0,0004	
3	0,0033	0,0071	-8,1
5	-0,0053	0,0032	4,9
6	0,0024	-0,0127	
7	-0,0041	0,0049	4,7

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

=====

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
8	461307,9838	100516,0705	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0001	135
4	461239,5599	100530,8934	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	69
2	461249,5992	100587,4062	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	140
3	461295,5377	100589,1145	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	26
5	461291,4913	100554,2149	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	7
6	461254,5845	100574,7255	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0003	113
7	461274,0136	100522,6786	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	172

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0,92799.

[pvv] = 37,8914923566

[xx] vseh neznank = 287,6055074147

[xx] samo koordinatnih neznank = 0,0003460505

Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0,00032.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 1,2064 sekund.

Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 1,8560 milimetrov.

Največji položajni pogrešek /Mp_max/ je 0,0004 metrov.

Najmanjši položajni pogrešek /Mp_min/ je 0,0002 metrov.

Srednji položajni pogrešek /Mp_sred/ je 0,0003 metrov.

PREGLED opazovanih SMERI

=====

Smerni koti in dolžine so izračunani iz nezaokroženih koordinat.

Smeri in smerni koti so izpisani v stopinjah.

Nova točka: 3

Y = 461295,5377

X = 100589,1145

Orientacijski kot = 170 19 48,5

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
8	1	1,00	0 0 0,0	170 19 48,5	170 19 48,5	0,0	74,097
5	1	1,00	16 17 3,8	186 36 52,3	186 36 48,9	-3,4	35,133
7	1	1,00	27 37 15,6	197 57 4,1	197 57 5,0	0,9	69,836
4	1	1,00	53 32 37,8	223 52 26,2	223 52 28,6	2,4	80,766
6	1	1,00	80 18 38,3	250 38 26,8	250 38 27,1	0,4	43,407
2	1	1,00	97 32 25,1	267 52 13,5	267 52 13,2	-0,3	45,970

Nova točka: 8

Y = 461307,9838

X = 100516,0705

Orientacijski kot = 281 0 31,7

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
7	1	1,00	0 0 0,0	281 0 31,7	281 0 29,1	-2,6	34,607
4	1	1,00	1 12 51,2	282 13 22,8	282 13 23,9	1,1	70,011
2	1	1,00	39 41 32,9	320 42 4,6	320 42 5,3	0,7	92,182
5	1	1,00	55 36 34,2	336 37 5,8	336 37 3,9	-1,9	41,557
3	1	1,00	69 19 14,1	350 19 45,8	350 19 48,5	2,7	74,097

Nova točka: 7

Y = 461274,0136

X = 100522,6786

Orientacijski kot = 283 24 38,9

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
4	1	1,00	0 0 0,0	283 24 38,9	283 24 38,4	-0,5	35,420
2	1	1,00	55 55 24,2	339 20 3,1	339 20 3,0	-0,1	69,179
6	1	1,00	56 7 7,0	339 31 45,9	339 31 45,8	-0,1	55,555
3	1	1,00	94 32 26,0	17 57 4,8	17 57 5,0	0,2	69,836
5	1	1,00	105 35 5,9	28 59 44,7	28 59 43,9	-0,8	36,056
8	1	1,00	177 35 48,8	101 0 27,7	101 0 29,1	1,3	34,607

Nova točka: 4

Y = 461239,5599

X = 100530,8934

Orientacijski kot = 10 4 24,6

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
2	1	1,00	0 0 0,0	10 4 24,6	10 4 23,9	-0,7	57,398
3	1	1,00	33 48 4,7	43 52 29,3	43 52 28,6	-0,7	80,766
5	1	1,00	55 44 32,7	65 48 57,4	65 48 57,5	0,2	56,928
8	1	1,00	92 8 57,5	102 13 22,1	102 13 23,9	1,8	70,011
7	1	1,00	93 20 14,3	103 24 39,0	103 24 38,4	-0,6	35,420

Nova točka: 5

Y = 461291,4913

X = 100554,2149

Orientacijski kot = 308 23 23,6

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
2	1	1,00	0 0 0,0	308 23 23,6	308 23 24,0	0,4	53,447
3	1	1,00	58 13 24,4	6 36 48,0	6 36 48,9	0,9	35,133
8	1	1,00	208 13 40,3	156 37 3,9	156 37 3,9	0,1	41,557
7	1	1,00	260 36 19,8	208 59 43,4	208 59 43,9	0,5	36,056
4	1	1,00	297 25 35,7	245 48 59,4	245 48 57,5	-1,9	56,928

PREGLED merjenih DOLŽIN

=====

Dolžine so izračunane iz nezaokroženih koordinat
Multiplikacijska konstanta ni bila izračunana (= 1).
Adicijska konstanta ni bila izračunana (= 0 metra).

Od točke	Do točke	Utež dolž	Merjena dolžina	Modulirana 'Mer.*Mk+Ak	Definitivna Proj.-Du	Popravek Mod.dolž.	Projekcij. iz koo.
-------------	-------------	--------------	--------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------

2	3	1,000	45,9703	45,9703	45,9702	-0,0001	45,9702
2	5	1,000	53,4483	53,4483	53,4473	-0,0010	53,4473
2	8	1,000	92,1817	92,1817	92,1821	0,0004	92,1821
2	6	1,000	13,6238	13,6238	13,6255	0,0017	13,6255
2	7	1,000	69,1801	69,1801	69,1790	-0,0011	69,1790
2	4	1,000	57,3967	57,3967	57,3976	0,0009	57,3976
3	8	1,000	74,0957	74,0957	74,0968	0,0011	74,0968
3	5	1,000	35,1329	35,1329	35,1334	0,0005	35,1334
3	7	1,000	69,8362	69,8362	69,8357	-0,0005	69,8357
3	4	1,000	80,7649	80,7649	80,7664	0,0015	80,7664
3	6	1,000	43,4079	43,4079	43,4074	-0,0005	43,4074
3	2	1,000	45,9700	45,9700	45,9702	0,0002	45,9702
8	7	1,000	34,6068	34,6068	34,6069	0,0001	34,6069
8	4	1,000	70,0090	70,0090	70,0110	0,0020	70,0110
8	2	1,000	92,1827	92,1827	92,1821	-0,0006	92,1821
8	5	1,000	41,5574	41,5574	41,5572	-0,0002	41,5572
8	3	1,000	74,0964	74,0964	74,0968	0,0004	74,0968
7	4	1,000	35,4180	35,4180	35,4195	0,0015	35,4195
7	2	1,000	69,1800	69,1800	69,1790	-0,0010	69,1790
7	6	1,000	55,5572	55,5572	55,5551	-0,0021	55,5551
7	3	1,000	69,8352	69,8352	69,8357	0,0005	69,8357
7	5	1,000	36,0560	36,0560	36,0556	-0,0004	36,0556
7	8	1,000	34,6072	34,6072	34,6069	-0,0003	34,6069
4	2	1,000	57,3995	57,3995	57,3976	-0,0019	57,3976
4	3	1,000	80,7665	80,7665	80,7664	-0,0001	80,7664
4	5	1,000	56,9280	56,9280	56,9277	-0,0003	56,9277
4	8	1,000	70,0107	70,0107	70,0110	0,0003	70,0110
4	7	1,000	35,4177	35,4177	35,4195	0,0018	35,4195
5	2	1,000	53,4486	53,4486	53,4473	-0,0013	53,4473
5	3	1,000	35,1332	35,1332	35,1334	0,0002	35,1334
5	8	1,000	41,5581	41,5581	41,5572	-0,0009	41,5572
5	7	1,000	36,0549	36,0549	36,0556	0,0007	36,0556
5	4	1,000	56,9281	56,9281	56,9277	-0,0004	56,9277

PRILOGA B1

*4

*D

5744 295.26457

*N

2 293.6820

3 293.9628

4 289.7169

5 289.5162

6 290.9148

7 290.1639

8 293.508

*E

'm'

*O

5744 8 -1.66515 0.0800

2 3 0.2733 0.0021

2 5 -4.1731 0.0029

2 8 -0.1779 0.0085

2 6 -2.7627 0.0002

2 7 -3.5211 0.0048

2 4 -3.9672 0.0033

3 8 -0.4524 0.0055

3 5 -4.4463 0.0012

3 7 -3.7948 0.0049

3 4 -4.2409 0.0065

3 6 -3.0370 0.0019

3 2 -0.2741 0.0021

8 7 -3.3431 0.0012

8 4 -3.7894 0.0049

8 2 0.1779 0.0085

8 5 -3.9961 0.0017

8 3 0.4508 0.0055

7 4 -0.4455 0.0013

7 2 3.5222 0.0048

7 6 0.7590 0.0031

7 3 3.7954 0.0049

7 5 -0.6515 0.0013

7 8 3.3439 0.0012

4 2 3.9674 0.0033

4 3 4.2399 0.0065

4 5 -0.2066 0.0032

4 8 3.7891 0.0049

4 7 0.4453 0.0013

5 2 4.1741 0.0029

5 3 4.4471 0.0012

5 8 3.9949 0.0017

5 7 0.6518 0.0013

5 4 0.2066 0.0032

*K

PRILOGA B2

Izravnava VIŠinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.5.0, mar. 07
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: VIMkm.pod
Ime datoteke za rezultate: VIMkm.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: VIMkm.def
Ime datoteke za S-transformacijo: VIMkm.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: VIMkm.koo

Datum: 29. 5.2013
Čas: 11:45:25

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
```

Reper	Nadm.viš.	Opomba
5744	295.2646	Dani reper
2	293.6820	Novi reper
3	293.9628	Novi reper
4	289.7169	Novi reper
5	289.5162	Novi reper
6	290.9148	Novi reper
7	290.1639	Novi reper
8	293.5080	Novi reper

Število vseh reperjev = 8
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 7

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

```
=====
```

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
5744	8	-1.6651	0.0800
2	3	0.2733	0.0021
2	5	-4.1731	0.0029
2	8	-0.1779	0.0085
2	6	-2.7627	0.0002
2	7	-3.5211	0.0048
2	4	-3.9672	0.0033
3	8	-0.4524	0.0055
3	5	-4.4463	0.0012
3	7	-3.7948	0.0049
3	4	-4.2409	0.0065
3	6	-3.0370	0.0019
3	2	-0.2741	0.0021
8	7	-3.3431	0.0012
8	4	-3.7894	0.0049
8	2	0.1779	0.0085
8	5	-3.9961	0.0017
8	3	0.4508	0.0055
7	4	-0.4455	0.0013

7	2	3.5222	0.0048
7	6	0.7590	0.0031
7	3	3.7954	0.0049
7	5	-0.6515	0.0013
7	8	3.3439	0.0012
4	2	3.9674	0.0033
4	3	4.2399	0.0065
4	5	-0.2066	0.0032
4	8	3.7891	0.0049
4	7	0.4453	0.0013
5	2	4.1741	0.0029
5	3	4.4471	0.0012
5	8	3.9949	0.0017
5	7	0.6518	0.0013
5	4	0.2066	0.0032

Število opazovanj = 34

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 5744	8	0.	-1.	0.0914	*****
2 2	3	-1.	1.	0.0075	*****
3 2	5	1.	-1.	-0.0073	*****
4 2	8	1.	-1.	-0.0039	*****
5 2	6	1.	-1.	0.0045	*****
6 2	7	1.	-1.	-0.0030	*****
7 2	4	1.	-1.	-0.0021	*****
8 3	8	1.	-1.	0.0024	*****
9 3	5	1.	-1.	0.0003	*****
10 3	7	1.	-1.	0.0041	*****
11 3	4	1.	-1.	0.0050	*****
12 3	6	1.	-1.	0.0110	*****
13 3	2	1.	-1.	0.0067	*****
14 8	7	1.	-1.	0.0010	*****
15 8	4	1.	-1.	0.0017	*****
16 8	2	-1.	1.	-0.0039	*****
17 8	5	1.	-1.	-0.0043	*****
18 8	3	-1.	1.	0.0040	*****
19 7	4	1.	-1.	0.0015	*****
20 7	2	-1.	1.	-0.0041	*****
21 7	6	-1.	1.	-0.0081	*****
22 7	3	-1.	1.	0.0035	*****
23 7	5	1.	-1.	-0.0038	*****
24 7	8	-1.	1.	0.0002	*****
25 4	2	-1.	1.	-0.0023	*****
26 4	3	-1.	1.	0.0060	*****
27 4	5	1.	-1.	-0.0059	*****
28 4	8	-1.	1.	0.0020	*****
29 4	7	-1.	1.	0.0017	*****
30 5	2	-1.	1.	-0.0083	*****
31 5	3	-1.	1.	-0.0005	*****
32 5	8	-1.	1.	-0.0031	*****
33 5	7	-1.	1.	-0.0041	*****
34 5	4	-1.	1.	-0.0059	*****

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
1 5744	8	-1.6651	0.0000	-1.6651
2 2	3	0.2733	0.0003	0.2736
3 2	5	-4.1731	-0.0002	-4.1733
4 2	8	-0.1779	-0.0001	-0.1780
5 2	6	-2.7627	-0.0001	-2.7628
6 2	7	-3.5211	-0.0005	-3.5216
7 2	4	-3.9672	0.0002	-3.9670
8 3	8	-0.4524	0.0009	-0.4515
9 3	5	-4.4463	-0.0006	-4.4469
10 3	7	-3.7948	-0.0004	-3.7952
11 3	4	-4.2409	0.0003	-4.2406
12 3	6	-3.0370	0.0006	-3.0364
13 3	2	-0.2741	0.0005	-0.2736
14 8	7	-3.3431	-0.0005	-3.3436
15 8	4	-3.7894	0.0003	-3.7891
16 8	2	0.1779	0.0001	0.1780
17 8	5	-3.9961	0.0007	-3.9954
18 8	3	0.4508	0.0007	0.4515
19 7	4	-0.4455	0.0001	-0.4454
20 7	2	3.5222	-0.0006	3.5216
21 7	6	0.7590	-0.0002	0.7588
22 7	3	3.7954	-0.0002	3.7952
23 7	5	-0.6515	-0.0002	-0.6517
24 7	8	3.3439	-0.0003	3.3436
25 4	2	3.9674	-0.0004	3.9670
26 4	3	4.2399	0.0007	4.2406
27 4	5	-0.2066	0.0003	-0.2063
28 4	8	3.7891	0.0000	3.7891
29 4	7	0.4453	0.0001	0.4454
30 5	2	4.1741	-0.0008	4.1733
31 5	3	4.4471	-0.0002	4.4469
32 5	8	3.9949	0.0005	3.9954
33 5	7	0.6518	-0.0001	0.6517
34 5	4	0.2066	-0.0003	0.2063

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.29857$

Izračunano odstopanje = 6706.1 mm ($s = 0.000$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = +- 1.*SQRT(s+0.04*s^2) = 0.0$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = +- 2.*SQRT(s+0.04*s^2) = 0.0$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred. pog. višine
2	293.6820	0.0954	293.7774	0.0027
3	293.9628	0.0882	294.0510	0.0027
4	289.7169	0.0935	289.8104	0.0027
5	289.5162	0.0878	289.6040	0.0027
6	290.9148	0.0998	291.0146	0.0027
7	290.1639	0.0919	290.2558	0.0027
8	293.5080	0.0914	293.5994	0.0027

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred. pog. viš. razl.	Qvv	r
1 5744	8	0.0001	0.0027	0.0000	0.0000
2 2	3	0.0000	0.0002	0.0000	0.8169
3 2	5	0.0000	0.0002	0.0000	0.8617
4 2	8	0.0000	0.0002	0.0000	0.9375
5 2	6	0.0000	0.0001	0.0000	0.1133
6 2	7	0.0000	0.0002	0.0000	0.9128
7 2	4	0.0000	0.0002	0.0000	0.8468
8 3	8	0.0000	0.0002	0.0000	0.9109
9 3	5	0.0000	0.0002	0.0000	0.7299
10 3	7	0.0000	0.0002	0.0000	0.9172
11 3	4	0.0000	0.0002	0.0000	0.9209
12 3	6	0.0000	0.0002	0.0000	0.7522
13 3	2	0.0000	0.0002	0.0000	0.8169
14 8	7	0.0000	0.0002	0.0000	0.7288
15 8	4	0.0000	0.0002	0.0000	0.8987
16 8	2	0.0000	0.0002	0.0000	0.9375
17 8	5	0.0000	0.0002	0.0000	0.7881
18 8	3	0.0000	0.0002	0.0000	0.9109
19 7	4	0.0000	0.0002	0.0000	0.7304
20 7	2	0.0000	0.0002	0.0000	0.9128
21 7	6	0.0000	0.0002	0.0000	0.8342
22 7	3	0.0000	0.0002	0.0000	0.9172
23 7	5	0.0000	0.0002	0.0000	0.7804
24 7	8	0.0000	0.0002	0.0000	0.7288
25 4	2	0.0000	0.0002	0.0000	0.8468
26 4	3	0.0000	0.0002	0.0000	0.9209
27 4	5	0.0000	0.0002	0.0000	0.8690
28 4	8	0.0000	0.0002	0.0000	0.8987
29 4	7	0.0000	0.0002	0.0000	0.7304
30 5	2	0.0000	0.0002	0.0000	0.8617
31 5	3	0.0000	0.0002	0.0000	0.7299
32 5	8	0.0000	0.0002	0.0000	0.7881
33 5	7	0.0000	0.0002	0.0000	0.7804
34 5	4	0.0000	0.0002	0.0000	0.8690

Skupno število nadštevilnosti je 27.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.79411765.