

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:

Možina, J. 2012. Sanacija terestrične mikro-mreže na jezu Markovci. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Savšek, S., somentor Ambrožič, T.): 39 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:

Možina, J. 2012. Sanacija terestrične mikro-mreže na jezu Markovci. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Savšek, S., co-supervisor Ambrožič, T.): 27 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

Kandidat:

JAN MOŽINA

**SANACIJA TERESTRIČNE MIKRO – MREŽE NA JEZU
MARKOVCI**

Diplomska naloga št.: 8/GIG

**RECONSTRUCTION OF THE TERRESTRIAL MICRO –
NETWORK AT MARKOVCI DAM**

Graduation thesis No.: 8/GIG

Mentorica:

doc. dr. Simona Savšek

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Član komisije:

doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Ljubljana, 20. 12. 2012

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Jan Možina izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Sanacija terestrične mikro-mreže na jezu Markovci«.

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

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

Ljubljana, 22. 8. 2012

Jan Možina

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.3:627.43(497.12Markovci)(043.2)
Avtor:	Jan Možina
Mentorica:	doc. dr. Simona Savšek
Somentor:	izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Naslov:	Sanacija terestrične mikro-mreže na jezu Markovci
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	40 str., 12 pregl., 19 sl., 7 en., 6 pril.
Ključne besede:	mikro-mreža, simulacija opazovanj, položajna natančnost, precizna natančnost, običajna natančnost, izravnava opazovanj, elipsa pogreškov, opazovalni steber

Izvleček

Dravske elektrarne Maribor želijo energetske in ekonomske izkoristiti preliv odvečne vode preko zapornic na jezu Markovci in zagotoviti ekološko sprejemljiv pretok v strugi reke Drave. Posledica tega je izgradnja nove male hidroelektrarne, ki bo izkoriščala ta pretok. Izgradnja male hidroelektrarne Markovci v geodetskem smislu pomeni spremembo geometrije mreže zaradi porušitve enega opazovalnega stebra, zaradi česar ni več možno kontinuirano spremljanje stabilnosti jezovne pregrade. V diplomski nalogi smo z vzpostavitvijo novega referenčnega stebra sanirali obstoječo terestrično mikro-mrežo Markovci in tako vzpostavili optimalno geometrijo mreže, s čimer ponovno zagotovimo pogoje za spremljanje stabilnosti jezu. Optimalen položaj novega referenčnega stebra smo določili na osnovi simulacij opazovanj. Simulacije smo opravili za dva niza natančnosti, za precizno in običajno natančnost, v treh serijah, in sicer za mrežo, ki vsebuje referenčno točko O6 za mrežo, ki ne vsebuje odstranjene referenčne točke O6 ter za mrežo, ki vsebuje novo referenčno točko O6N. Vsa simulirana opazovanja smo nato izravnali za namen analize položajne natančnosti referenčnih in kontrolnih točk. Simulirana opazovanja smo primerjali tudi z dejanskimi meritvami in poiskali vzroke za razlike med njimi. V nalogi smo predstavili tudi obstoječo stabilizacijo referenčnih in kontrolnih točk ter predlagali način stabilizacije nove referenčne točke. Podali smo tudi smernice za kakovostna geotehnična opazovanja, ki so nam v pomoč za korektno izvajanje terenskih meritev. Korektno izvedene meritve pa predstavljajo osnovo za kakovostne rezultate.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.3:627.43(497.12Markovci)(043.2)
Author:	Jan Možina
Supervisor:	Assist. Prof. Simona Savšek, Ph. D.
Cosupervisor:	Assoc. Prof. Tomaž Ambrožič, Ph. D.
Title:	Reconstruction of the terrestrial micro-network at Markovci dam
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	40 p., 12 tab., 19 fig., 7 eq., 6 ann.
Key words:	micro-network, simulated observations, positional accuracy, precision accuracy, standard accuracy, offset observations, error ellipse, observation post

Abstract

The company Dravske elektrarne Maribor intends to make an energy efficient and cost-effective use of the spillway water at Markovci dam, as well as to provide for an ecologically acceptable flow in the Drava river bed. This entails the construction of a new small-scale hydro that would make use of this flow. From the geodetic point of view, the construction of a small-scale hydro Markovci would require changes in the geometric network since one of the observation posts would be eliminated, thus preventing any further continuous monitoring of the stability of dam sluices. The thesis presents the reconstruction of the existing terrestrial micro-network Markovci, which includes the installation of a new reference post in order to allow for the establishment of a new optimum geometric network and thus re-establish conditions for monitoring the dam stability. The optimum position of the new reference post has been determined following a series of simulated observations. Simulations were carried out using two types of accuracy, precision and standard, in three series, namely for the network that included the eliminated reference point O6, the network without the eliminated reference point O6 and the network that included a new reference point O6N. All simulated observations have been then adjusted in order to analyze the positional accuracy of the reference and control points. The simulated observations are compared to the actual measurements and reasons for the observed differences are discussed. The thesis also discusses the existing stabilization of reference and control points and suggests the method to be used for the stabilization of the new reference point. Guidelines for high-quality geo-technical observations are also proposed in order to enable proper field measurements. Properly conducted measurements are essential for obtaining high-quality results.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se za strokovno usmerjanje in za koristne nasvete in predloge iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Simoni Savšek. Zahvaljujem se tudi somentorju izr. prof. dr. Tomažu Ambrožiču za strokovno pomoč.

Zahvaljujem se tudi staršema, ki sta mi omogočila študij in me na študijski poti podpirala in spodbujala.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Razlogi za izgradnjo male hidroelektrarne Markovci	1
1.2	Posledice izgradnje MHE Markovci.....	2
2	NAMEN SANACIJE TERESTRIČNE MIKRO-MREŽE NA JEZU MARKOVCI.....	3
3	SMERNICE ZA KAKOVOSTNA TEHNIČNA OPAZOVANJA	5
3.1	Zagotavljanje kakovosti meritev	5
3.2	Upoštevanje kriterijev za geotehnična opazovanja.....	6
3.3	Zagotovitev geodetske mreže in geodetskega datuma.....	6
4	VZPOSTAVITEV NOVE TERESTRIČNE MIKRO-MREŽE NA OBMOČJU MHE IN JEZU MARKOVCI	8
4.1	Obstoječa geometrija mreže	8
4.2	Simulacija opazovanj.....	10
4.2.1	Simulacija opazovanj po metodi Monte Carlo	10
4.2.2	Simulacija opazovanj v mreži Markovci	11
4.3	Analiza natančnosti obstoječe geometrije mreže.....	13
4.3.1	Mreža vsebuje opazovalni steber O6.....	13
4.3.2	Mreža ne vsebuje opazovalnega stebra O6.....	15
4.4	Analiza natančnosti sanirane geometrije mreže	17
4.4.1	Kombinirana mreža	19
4.4.2	Kombinirana mreža z dodatnimi opazovanji na kontrolne točke	21
4.4.3	Triangulacijska mreža.....	23
4.4.4	Trilateracijska mreža	25
4.5	Primerjava med simuliranimi in dejanskimi meritvami	27
4.6	Stabilizacija referenčnih in kontrolnih točk.....	30
4.6.1	Obstoječa stabilizacija točk	30
4.6.2	Predlagana stabilizacija nove referenčne točke O6N	32
4.6.2.1	Stabilizacija z betonskim stebrom	32
4.6.2.2	Talna stabilizacija z uporabo prenosljivih kovinskih stebrov.....	33
4.6.2.3	Talna stabilizacija z ekscentričnim stojiščem.....	34
5	ZAKLJUČEK	36
VIRI.....	38
	Uporabljeni viri	38
	Ostali viri.....	39

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Statistika točk mreže Markovci	10
Preglednica 2:	Povprečna dolžina v mreži in a-priori standardni odklon dolžin	12
Preglednica 3:	Dane točke v mreži Markovci in njihove definitivne koordinate	13
Preglednica 4:	Koordinate referenčnih in kontrolnih točk.....	13
Preglednica 5:	Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže z opazovalnim stebrom O6	14
Preglednica 6:	Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže brez opazovalnega stebra O6.....	16
Preglednica 7:	Koordinati optimalnega položaja referenčnega stebra O6N.....	18
Preglednica 8:	Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N.....	20
Preglednica 9:	Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N z vključenimi vsemi opazovanji na kontrolne točke	22
Preglednica 10:	Analiza natančnosti simulirane triangulacijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N.....	24
Preglednica 11:	Analiza natančnosti simulirane trilateracijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N.....	26
Preglednica 12:	Primerjava med simuliranimi in dejanskimi meritvami sanirane mreže.....	28

KAZALO SLIK

Slika 1:	Jez Markovci [1].....	1
Slika 2:	Skica mreže Markovci na podlagi ortofoto	8
Slika 3:	Skica mreže Markovci z opazovanji med vsemi referenčnimi stebri	9
Slika 4:	Skica mreže Markovci z opazovanji med referenčnimi stebri brez referenčnega stebra O6.....	10
Slika 5:	Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže z opazovalnim stebrom O6	15
Slika 6:	Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže brez opazovalnega stebra O6.....	17
Slika 7:	Predlagan optimalen položaj postavitve novega opazovalnega stebra O6N	18
Slika 8:	Skica sanirane mreže na podlagi ortofoto	19
Slika 9:	Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N.....	21
Slika 10:	Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N z vključenimi vsemi opazovanji na kontrolne točke	23
Slika 11:	Elipse pogreškov simulirane triangulacijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N.....	25
Slika 12:	Elipse pogreškov simulirane trilateracijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N.....	27
Slika 13:	Elipse pogreškov simuliranih opazovanj in dejanskih meritev	29
Slika 14:	Stabilizacija in signalizacija referenčne točke	30
Slika 15:	Stabilizacija in signalizacija kontrolne točke	31
Slika 16:	Poškodovan opazovalni steber O5.....	32
Slika 17:	Stabilizacija z betonskim stebrom [11].....	33
Slika 18:	Talna stabilizacija z uporabo prenosljivih kovinskih stebrov [11]	34
Slika 19:	Talna stabilizacija merske točke z ekscentričnim stojiščem [11]	35

KRATICE

DEM	Dravske elektrarne Maribor
GEM	Program za izravnavo meritev v GEodetski Mreži
GNSS	Globalni navigacijski satelitski sistem
HE	Hidroelektrarna
MHE	Mala hidroelektrarna
SOM	Program za Simulacijo Opazovanj Mreže

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Jez v Markovcih je bil zgrajen za potrebe zajezitve hidroelektrarne (HE) Formin. Z zajezitvijo reke Drave v Markovcih pa je nastalo Ptujsko jezero, ki je največje slovensko umetno akumulacijsko jezero, ki vsebuje 17,1 milijona m³ vode, od tega pa se lahko 4,5 milijona m³ izkoristi za proizvodnjo električne energije. Jez v Markovcih ima šest pretočnih polj širine 17 m. Opremljen je s segmentnimi zapornicami in vrhnjimi zaklopkami. Prepustna sposobnost jezu je 4200 m³/s. Nad vtokom v dovodni kanal je nameščena potopna stena, ki z mostnim delom jezu preprečuje vtok plavja v dovodni kanal [1]. Dovodni kanal je dolg 8,1 km in poteka od jezu v Markovcih do HE Formin. Voda iz reke Drave v kanalu izkorišča 29 m hidroenergetskega potenciala med zajezitvijo jezu v Markovcih in strojnico HE Formin [2].



Slika 1: Jez Markovci [1]

1.1 Razlogi za izgradnjo male hidroelektrarne Markovci

Dravske elektrarne Maribor (DEM) so po koncesijski pogodbi za energetska izkoriščanje reke Drave in po vodnogospodarskem soglasju za obratovanje HE Formin obvezane na jezu v Markovcih spuščati v strugo Drave ekološko sprejemljiv pretok 5 m³/s pozimi in 10 m³/s poleti. Na jezu v Markovcih se vsa navedena količina zdaj preliva preko zapornic. Družba DEM želi energetska in ekonomsko izkoristiti obvezni ekološko sprejemljiv pretok, ki se sedaj preliva preko zapornic, in s tem zmanjšati manipulacije zapornic ter zagotoviti potrebno enakomerno količino ekološko sprejemljivega pretoka v strugi Drave [1]. Da bi bil pretok optimalno izkoriščen, je potrebna izgradnja male hidroelektrarne (MHE) Markovci. MHE Markovci je načrtovana na desnem bočnem objektu obstoječega jezu v Markovcih kot pretočna elektrarna. Objekt predstavlja kompleksno inženirsko gradnjo, saj se z izgradnjo posega v obstoječi nasip akumulacije Ptujškega jezera. Elektrarna je načrtovana skladno z okoljevarstvenimi zahtevami ter zahtevami in dognanji stroke. Izgradnja MHE Markovci predstavlja izpolnjevanje zaveze po zagotavljanju stabilne, varne in trajnostne proizvodnje električne energije iz

obnovljivih virov. Hkrati so Dravske elektrarne Maribor korak bližje k izpolnjevanju zaveze po zagotavljanju 20 odstotkov virov energije iz obnovljivih virov do leta 2020 [2].

1.2 Posledice izgradnje MHE Markovci

Jez Markovci spada med ekološko pomembna območja, območja naravnih vrednot in v ekološko omrežje Natura 2000. Tu je pestrost rastlinskih in živalskih vrst izredno velika, med katerimi je mnogo ogroženih in redkih vrst rastlin in živali. Še posebej je bogat svet ptic. Zaradi pestre biotske raznovrstnosti je območje izredno kompleksno na področju naravovarstvenih vsebin in na področju rabe naravnih virov. Gospodarno upravljanje območja omogoča ohranitev redkih in varovanih vrst rastlin in živali ter njihovih življenjskih okolij. Z izgradnjo MHE Markovci bi se izrabljala hidroenergetski potencial reke, kar bi vplivalo na varovane vrste in njihovo življenjsko okolje, zato je potrebno izgradnjo MHE in njeno obratovanje uskladiti z osnovnimi naravovarstvenimi cilji, ki zagotavljajo trajnostno rabo območja in ohranjanje biotske pestrosti.

V geodetskem smislu ima izgradnja MHE Markovci za posledico spremenjeno geometrijo mreže zaradi porušitve enega referenčnega stebra in kot taka ne zagotavlja več zanesljivega spremljanja stabilnosti jezovne zgradbe. Zato v nalogi postavimo nekatere hipoteze, o katerih se v zaključku naloge ustrezno opredelimo:

- **hipoteza številka 1:** geodetska mikro-mreža Markovci brez referenčnega stebra O6 ne zagotavlja ustrezne geometrije za ugotavljanje stabilnosti pregradnega objekta,
- **hipoteza številka 2:** v neposredni bližini MHE je mogoče vzpostaviti nadomestno referenčno točko O6N, ki bo zagotavljala ustrezno geometrijo za ugotavljanje stabilnosti pregradnega objekta,
- **hipoteza številka 3:** vključitev dodatnih meritev iz vseh referenčnih točk na kontrolne točke bistveno izboljša natančnost določitve položajev točk v mikro-mreži Markovci.

2 NAMEN SANACIJE TERESTRIČNE MIKRO-MREŽE NA JEZU MARKOVCI

Geodetske meritve v lokalni terestrični mikro-mreži Markovci potekajo od leta 1978, na podlagi katerih se kontrolira stabilnost jezu, saj obstaja potencialna nevarnost porušitve le tega po njegovi izgradnji. Meritve potekajo dvakrat letno, s katerimi določamo stabilnost referenčnih točk in prostorske koordinate oziroma značilne premike kontrolnih točk. Na podlagi pridobljenih koordinat iz več terminskih izmer ugotavljamo spremembe položajev geodetskih točk, premike in deformacije merskega objekta [3]. Z geodetskimi kontrolnimi meritvami tako, v odvisnosti od časa, opišemo geometrični odnos referenčnih in detajlnih točk jezovne zgradbe glede na geodetski datum. Spremembe se nanašajo tako na sam objekt kot tudi na odnose z njegovo okolico. Geodetske precizne meritve so torej potrebne vedno, kadar je pomembno poznavanje lastnosti objekta in geometričnih sprememb njegovih referenčnih točk [4]. Meritve za ugotavljanje deformacij je potrebno izvajati v skladu s Pravilnikom o tehničnem opazovanju visokih pregrad in v skladu s tehničnimi predpisi s področja graditve pregrad, vendar so pravilnik in predpisi glede monitoringa in vzdrževanja pregrad dokaj pomanjkljivi.

Na podlagi velikosti in smeri premikov vseh kontrolnih točk sklepamo na nestabilnost jezovne zgradbe. Za določitev horizontalnih koordinat oziroma horizontalnih premikov, moramo kontrolne in referenčne točke povezati v horizontalno mikro-mrežo. Za ugotavljanje deformacij in statistično značilnih premikov jezovne zgradbe moramo v okolici zgradbe zagotoviti ustrezno geometrijo referenčne mreže.

V letu 2011 je bil ob jezu v Markovcih iz mreže odstranjen opazovalni steber O6, ki je služil kot referenčna točka, zaradi gradnje MHE (slika 2). Z odstranitvijo opazovalnega stebra mreža ne zagotavlja več primerne geometrije, s tem pa je lahko problematično zagotavljanje zahtevane natančnosti in zanesljivosti določitve položaja kontrolnih točk in zmožnost ugotavljanja stabilnosti referenčnih točk.

Nadaljnje spremljanje stabilnosti objekta zahteva sanacijo lokalne horizontalne mikro-mreže, saj s tem ponovno zagotovimo kar se da optimalno geometrijo mreže, s katero pridobimo ustrezno kakovost rezultatov, ki omogočajo zanesljivo spremljanje stabilnosti jezu. Lokalna geodetska mreža je določena v lokalnem koordinatnem sistemu in je neodvisna od državne mreže. Praviloma se v lokalnih mrežah dosegajo zelo visoke natančnosti in je navezava na državno mrežo nepotrebna in pogosto poslabša natančnost določitve absolutnega položaja obravnavanih točk. V lokalnih mrežah naročnika praviloma zanima visoka relativna natančnost določitve položaja. Načrtovanje lokalne mreže je zahtevno in zahteva interdisciplinarno delo. Lokalne mreže so praviloma manjše velikosti in specifične oblike, kjer se oblika in geometrija mreže prilagajata namenu, za katerega so bile vzpostavljene.

V diplomski nalogi je potrebno določiti ustrezno mesto za vzpostavitev novega betonskega opazovalnega stebra, ki bo nadomestil odstranjen opazovalni steber. Poiskati moramo optimalen položaj nove referenčne točke, da bomo lahko izboljšali natančnost in zanesljivost geodetske mreže. Pri iskanju ustreznega mesta za postavitve opazovalnega stebra, pa moramo upoštevati pravila, ki vodijo k vzpostavitvi ustrezne geometrije mreže. Da zagotovimo ustrezno obliko mreže, moramo upoštevati naslednja pravila za razvijanje geodetskih mrež:

- vrsta in število merjenih smeri ter dolžin oziroma število povezav v mreži mora biti takšno, da zagotavlja dovolj veliko število nadštevilnih meritev,
- vsaka točka v mreži naj bo povezana z vsaj tremi točkami, kar pomeni, da so z vsake točke opazovane vsaj tri točke referenčne mreže,
- maksimalne dolžine stranic v mreži naj ne presegajo dolžine 500 metrov,

- vse točke naj bodo čim bolj enakomerno oddaljene med sabo zaradi določitve uteži opazovanj,
- dolžine med referenčnimi točkami in točkami na objektu naj bodo približno enake,
- razmerje med najdaljšo in najkrajšo stranico v mreži naj bo maksimalno 3:1,
- relief območja mora omogočati vidnost med točkami, pri čemer si pomagamo z izrisom prečnih profilov,
- število referenčnih točk naj ne bo manjše od štirih točk,
- referenčne točke naj bodo čim bolj enakomerno razporejene po horizontu in v okolici opazovanega objekta,
- zagotoviti je potrebno niz stabilnih točk, ki definirajo geodetski datum, da zagotovimo stabilnost mreže,
- mreža naj tvori čim bolj idealno mrežo enakostraničnih trikotnikov,
- težiti moramo k čim bolj idealnim presekom,
- za zagotovitev zadostnega števila povezav lahko uporabimo ekscentrično stojišče, ki nam zagotavlja dodatno število vizur,
- v mrežo lahko vključimo tudi stalne objekte (cerkveni zvoniki, stolpi...), na podlagi katerih zagotovimo zadostno število smeri in dolžin ter tako dosežemo ugodnejšo geometrijo mreže,
- izogibamo se indirektnim smerem in vizuram in
- določimo ustrezno gostoto točk, ki je odvisna od konfiguracije terena in namena objekta v lokalni mreži.

Na podlagi zgoraj naštetih zahtev poskušamo doseči kar se da idealno obliko mreže, vendar imamo pri praktičnem oblikovanju le-te pogosto kar nekaj težav. Določitev referenčnih točk predstavlja problem, saj morajo biti definirane na stabilnem območju in izven vplivnega območja premikov objekta. Pri tem pa moramo paziti, da so dovolj blizu obravnavanega objekta, da lahko dosežemo zahtevano natančnost določitve premikov. Geodetske mreže zato v praksi predstavljajo kompromis med idealno in projektirano obliko mreže [5].

3 SMERNICE ZA KAKOVOSTNA TEHNIČNA OPAZOVANJA

Kakovostna geotehnična opazovanja so nujno potrebna za spremljanje premikov objekta, saj z njimi ugotovljamo varnost delovanja in nevarnosti, ki jih objekt predstavlja za okolico. Premike objekta razdelimo na I. nivo natančnosti, kjer so premiki predvideni na intervalu med 2 cm in 10 cm, in na II. nivo natančnosti, kjer so pričakovani premiki velikosti od 5 mm do 2 cm. V sodelovanju z naročnikom, ki predpiše natančnost določitve premikov, se odločimo za ustrezen nivo natančnosti, na podlagi katerega zagotovimo potrebne pogoje za izmero, ki jih posamezen nivo predvideva, izberemo ustrezno mersko opremo in metodo izmere ter pravilen postopek obdelave meritev. Premike in deformacije objektov lahko določamo z metodami globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS) ali pa s terestričnimi metodami [5]. V nalogi obravnavamo precizno horizontalno geodetsko mrežo, zato bomo predstavili smernice za terestrično horizontalno izmero.

3.1 Zagotavljanje kakovosti meritev

Na kakovost geodetskih terestričnih meritev vpliva mnogo dejavnikov. Z natančno in zmogljivo mersko opremo in temu primerljivim dodatnim merskim priborom ter s pravilno izbiro metode izmere zagotovimo natančne meritve. Geodetske meritve v horizontalnih mrežah izvajamo z elektronskim tahimetrom, ki mora imeti za I. nivo natančnosti s strani proizvajalca deklarirano kotno natančnost (ISO 17123-3) $\sigma_{\alpha,z} \leq 3''$, in deklarirano dolžinsko natančnost (ISO 17123-4) $\sigma_D \leq 3$ mm; 2 ppm. Za II. nivo natančnosti pa mora instrument ustrezati kriteriju, da velja: $\sigma_{\alpha,z} \leq 1''$ in $\sigma_D \leq 2$ mm; 2 ppm. Poleg tega mora biti instrument za oba nivoja natančnosti kalibriran na pooblaščenem servisu, medtem ko je za II. nivo natančnosti potreben še preizkus instrumenta po ISO 17123-3 ali DIN 18723-3 standardu. Za I. nivo natančnosti zadostuje, da instrument in reflektor optično centriramo, medtem ko je potrebno za II. nivo natančnosti prisilno centriranje instrumenta in reflektorja [6].

Dodaten merski pribor predstavljajo reflektorji z znanimi adicijskimi konstantami, termometer, barometer, psihrometer in merski trak. Za II. nivo natančnosti moramo uporabiti precizne reflektorje istega proizvajalca kot je instrument. Za I. nivo natančnosti pa zadostujejo navadni reflektorji. Da lahko izmerjenim dolžinam določimo meteorološke popravke, moramo s termometrom, barometrom in psihrometrom določiti meteorološke parametre, ki jih vpisujemo v poročilo o meritvah. Za I. nivo ne uporabljamo psihrometra. Meteorološke parametre merimo pri instrumentu na začetku in na koncu meritev na posameznem stojišču. Poročilo o meritvah zahteva tudi navedbo tipa in natančnosti meteoroloških merilnikov ter višino instrumenta in reflektorja [6].

Najprimernejši metodi izmere za ugotavljanje horizontalnih premikov sta triangulacija in trilateracija. Za I. nivo natančnosti pa lahko uporabimo tudi poligonometrijo. Priporočljivo je, da uporabimo kombinirano metodo, triangulacijo in trilateracijo, s katero povečamo nadštevilne meritve in tako zagotovimo večjo natančnost in zanesljivost točk v mreži. Priporočljivo je tudi, da horizontalne smeri merimo v treh girusih, če viziramo klasično ali pa v sedmih girusih, če uporabljamo sistem za avtomatsko viziranje. Zenitne razdalje merimo v obeh krožnih legah. Za I. nivo natančnosti morajo biti opazovanja izvedena na minimalno tri točke. To velja tudi za II. nivo, kjer pa je potrebno izvesti obojestranske povezave. Med točkami je potrebno meriti tudi dolžine. Vse meritve izvajamo sočasno, kjer moramo paziti na primerno oddaljenost med točkami, in da vizure niso obremenjene z ovirami [6].

3.2 Upoštevanje kriterijev za geotehnična opazovanja

Poleg kakovostno izvedenih meritev je potrebno na terenu izpolniti tudi dodatne kriterije, s katerimi zagotovimo pogoje za geotehnična opazovanja. Poleg merske opreme moramo pred samo izmero projektirati mrežo in pravilno izbrati položaj ter stabilizacijo kontrolnih in referenčnih točk.

Projektiranje mreže zahteva simulacije in predhodno izravnavo mreže. S tem optimiziramo mrežo glede kriterijev natančnosti in zanesljivosti. Za I. nivo natančnosti ni potrebno izvesti simulacij in predhodnih izravnav.

Referenčne točke morajo biti stabilizirane na stabilnem območju, ki ga določi geodet v sodelovanju z geologom in gradbenikom. Pri tem moramo paziti, da so referenčne točke vidne med sabo in dovolj blizu objekta, da lahko zagotovimo potrebno natančnost določitve premikov kontrolnih točk. Način stabilizacije referenčnih točk je odvisen od geološke sestave tal. Za I. nivo natančnosti zadostuje običajna stabilizacija s talnimi oznakami ali klini. Za II. nivo natančnosti, kjer je potrebno zagotoviti enolično in ponovljivo prisilno centriranje, pa je potrebna stabilizacija z armiranobetonskimi stebri ali pa precizna talna stabilizacija z ekscentričnim stojiščem. Slednja se uporablja predvsem v urbanih naseljih, kjer so merski stebri moteči za okolje. Ta mora biti izvedena tako, da so talni klini vidni iz vseh ekscentričnih stojišč in da je vrh klina poravnan s podlago. Kakovostno izvedena postavitvev na stabilnem terenu omogoča, da se merski steber ne premakne ali nagne. Ob premiku stebra se spremeni koordinatni sistem v katerega je postavljena geodetska mreža. Posledica tega je, da ni več zagotovljeno kontinuirano spremljanje premikov točk. Homogenost in zanesljivost mreže lahko izboljšamo z začasnimi veznimi točkami, ki so stabilizirane s stativi. Njihov položaj mora biti približno enak v vseh terminskih izmerah. Tudi stabilizacija kontrolnih točk na objektu zahteva sodelovanje več strok. Kontrolne točke stabiliziramo tako, da so nemoteče za okolje in varne pred poškodbami. Za II. nivo natančnosti uporabimo talno stabilizacijo s klinom iz nerjavečega jekla, kjer mora biti vrh klina poravnan z nivojem okolice. Za I. nivo natančnosti pa je dovoljena stabilizacija s talnimi točkami [5].

3.3 Zagotovitev geodetske mreže in geodetskega datuma

Geodetsko mrežo za ugotavljanje premikov predstavljajo kontrolne točke na geotehničnem objektu in referenčne točke izven vplivnega območja, ki jih z meritvami povežemo med sabo. Takšne mreže imajo praviloma nizko občutljivost, zaradi specifičnih geometrijskih lastnosti. Število točk in njihova razporeditev je odvisna od topografije terena, lastnosti objekta ter velikosti in smeri pričakovanih premikov. Horizontalna geodetska mreža mora biti vzpostavljena tako, da geometrija mreže omogoča določitev deformacij z vnaprej zahtevano natančnostjo ter zanesljivostjo, in da so vplivi neodkritih grobih pogreškov na rezultate izravnave in na koordinatne neznanke čim manjši. S simulacijami opazovanj, izravnavo in z analizo rezultatov izravnave je potrebno izvesti predhodno oceno natančnosti iskanih količin, da lahko določimo z zahtevano natančnostjo premike objekta. Če zahtevane natančnosti ne moremo zagotoviti, moramo poiskati novo, primernejšo geometrijo mreže, s katero povečamo število nadštevilih meritev in s tem natančnost določitve premikov. Natančnost določitve koordinat točk lahko povečamo tudi z večjo natančnostjo merjenih količin. Dolžine v mreži naj ne presegajo 1 km. Za I. nivo natančnosti lahko uporabimo tudi poligonsko mrežo, medtem ko se za II. nivo natančnosti njena uporaba ne priporoča [6].

Pri vzpostavitvi lokalne horizontalne mreže za ugotavljanje premikov je eno izmed najpomembnejših opravil to, da pravilno izberemo in definiramo geodetski datum mreže. Za geotehnična opazovanja je potrebno geodetski datum definirati v lokalnem koordinatnem sistemu, saj z navezavo na državni koordinatni sistem ne dobimo primerno kvalitetnih rezultatov. Geodetski datum določajo iste

referenčne točke v celotnem obdobju meritev, saj le tako lahko primerjamo položaje točk v več terminskih izmerah. Te točke, ki jih določi geodet v sodelovanju z geologom, morajo biti v procesu ugotavljanja premikov stabilne ali pa moramo poznati njihove značilne premike, saj bi njihova nestabilnost vplivala na spremembo določitve položaja kontrolnih točk. Za kakovostno vzpostavitev geodetske mreže je potrebno določiti optimalen geodetski datum, ki definira koordinatni sistem. Z geodetskim datumom zagotovimo položaj, orientacijo in merilo geodetske mreže. Za I. nivo natančnosti geodetski datum definirata najmanj dve referenčni točki, ki sta stabilni v celotnem obdobju opazovanj v vseh terminskih izmerah, medtem ko za II. nivo natančnosti potrebujemo najmanj tri stabilne referenčne točke [6].

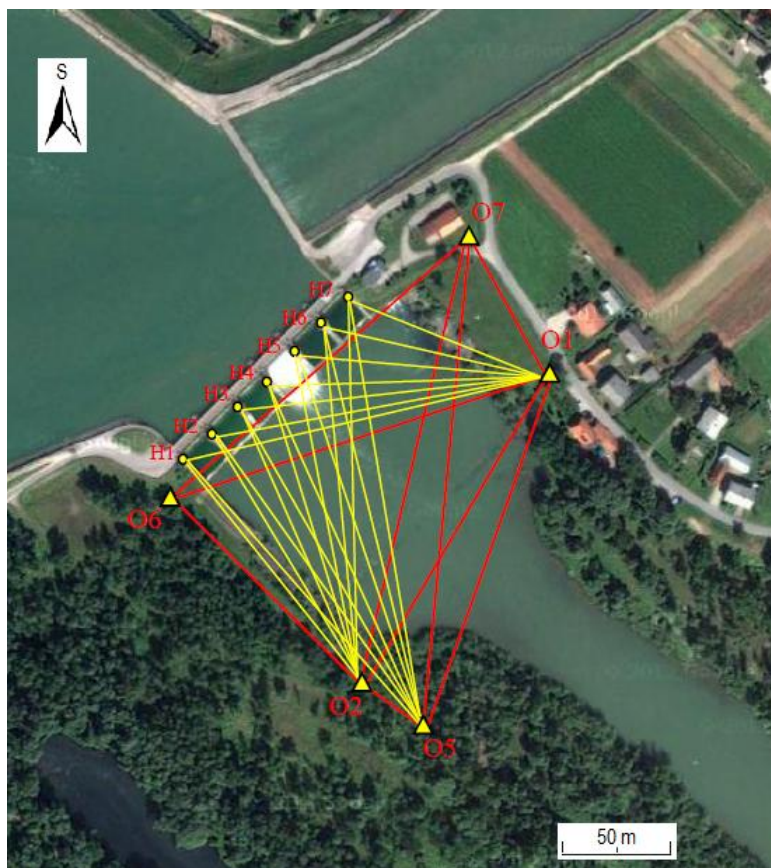
Za zagotovitev kakovostnih rezultatov je poleg zagotovitve pogojev za izmero in vestno opravljenih meritev potrebna tudi kakovostna obdelava in izravnava opazovanj. Če meritve ne izvedemo v skladu s priporočenimi smernicami za zagotavljanje kakovostnih tehničnih meritev, pridemo do rezultatov oziroma premikov, ki so drugačni od dejanskih. To pa ima s stališča zagotavljanja varnosti in delovanja lahko hude posledice.

4 VZPOSTAVITEV NOVE TERESTRIČNE MIKRO-MREŽE NA OBMOČJU MHE IN JEZU MARKOVCI

Odstranitev opazovalnega stebra O6 iz horizontalne mikro-mreže narekuje vzpostavitev novega opazovalnega stebra, saj trenutno obstoječa mreža, brez stebra O6, ne zagotavlja idealnih geometrijskih lastnosti mreže in s tem ni več zagotovljeno kontinuirano spremljanje stabilnosti referenčnih stebrov. Z novo referenčno točko nadomestimo uničeni opazovalni steber O6 in ponovno ustvarimo pogoje primerljivosti in ugotavljanja stabilnosti. Zaradi izgradnje novega objekta položaj novega opazovalnega stebra ne bo več na prvotnem mestu (slika 2). Ustrezen položaj novega opazovalnega stebra določimo s simulacijami, ki so priročno orodje v fazi projektiranja in omogočajo številne testne primere in analize.

4.1 Obstoječa geometrija mreže

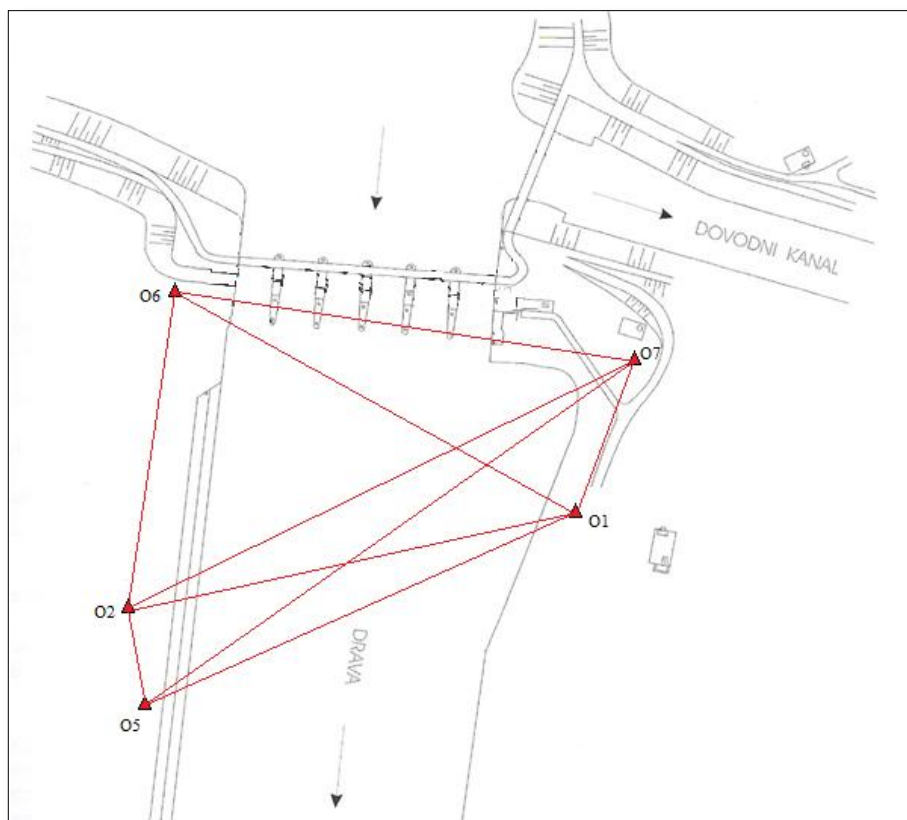
Osnovno horizontalno mrežo Markovci je v preteklosti sestavljalo 6 referenčnih točk in 7 kontrolnih točk na jezovni zgradbi. Zaradi velike oddaljenosti in slabe vidljivosti so bila v preteklih letih opuščena opazovanja iz opazovalnega stebra O4. V letu 2011 pa je bil iz mreže odstranjen tudi steber O6, zaradi gradnje MHE. Geodetska horizontalna mreža je vklopljena terestrična triangulacijsko trilateracijska mikro-mreža [3]. Oblika mreže do leta 2011, ki jo definirajo položaji danih točk, položaji novih točk in medsebojne povezave, je razvidna iz slike 2. Mreža referenčnih točk je imela obliko nepravilnega petkotnika, katerega površina znaša približno 2,8 ha (Slika 3). Najdaljša dolžina v mreži, ki poteka med točkama O5 in O7, znaša 267,27 m. Najkrajša dolžina pa znaša 30,97 m, in sicer med točkama O2 in O5. Po letu 2011 pa ima mreža referenčnih točk obliko nepravilnega štirikotnika, katerega površina znaša približno 1,2 ha (slika 4).



Slika 2: Skica mreže Markovci na podlagi ortofoto

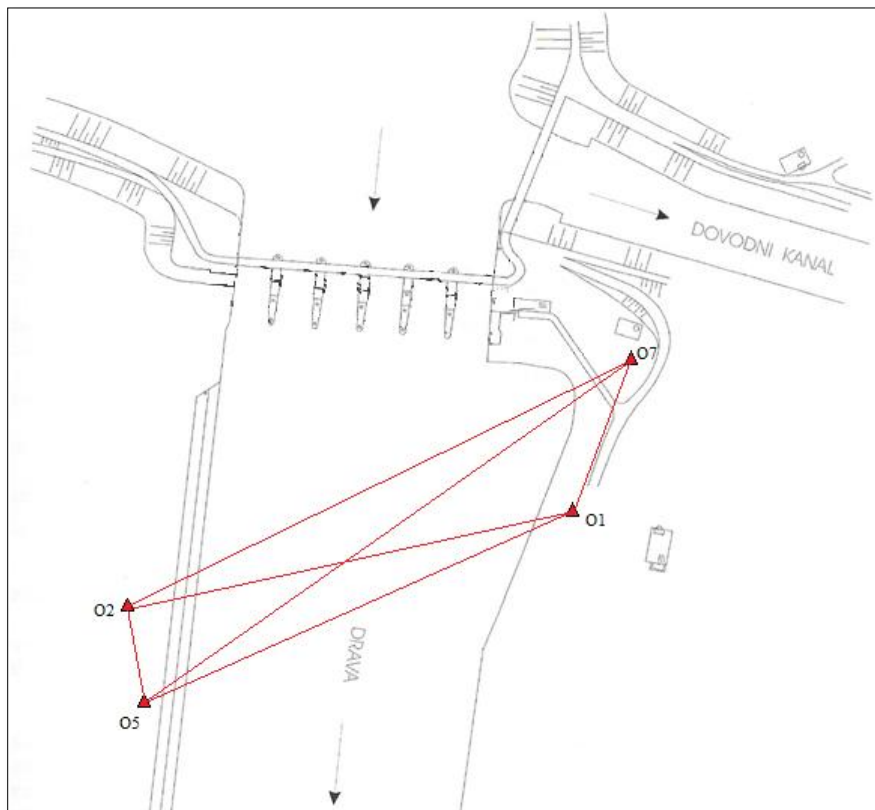
Opazovalna stebra O1 in O5, ki sta tudi najbolj oddaljena od jezu, predstavljata dani točki, ki definirata koordinatni sistem v lokalni mreži. Izbira teh dveh danih točk je tudi v geološkem smislu

najustreznejša, saj sta stebra postavljena na geološko stabilna tla in zato najprimernejša za geodetske meritve. S tem je zagotovljena stabilnost teh dveh izbranih točk in v vseh izmerah določata geodetski datum v mreži. V horizontalno mrežo sta vključena tudi opazovalna stebra O2 in O7, ki v postopku izravnave predstavljata novi točki. Novo točko v izravnavi je pred odstranitvijo predstavljala tudi opazovalni steber O6. Položajno mrežo je torej pred odstranitvijo opazovalnega stebra O6 tvorilo 5 referenčnih opazovalnih stebrov, od katerih sta dva stebra privzeta kot stabilna. Poleg opazovalnih točk je v položajno mrežo vključenih tudi 7 kontrolnih točk na jezovni zgradbi, ki v postopku izravnave prav tako predstavljajo nove točke. Geodetske meritve so izvedene tako, da so med opazovalnimi stebri izvedene vse možne obojestranske povezave, na kontrolne točke pa izvajamo enostranska opazovanja iz referenčnih točk O1, O2 in O5. To nam zagotavlja obliko mreže, ki nam omogoča ugotavljanje in izločanje grobo pogrešenih opazovanj, hkrati pa zagotavlja zahtevano in homogeno natančnost določitve prostorskih koordinat novih točk [3].



Slika 3: Skica mreže Markovci z opazovanji med vsemi referenčnimi stebri

Trenutna situacija (slika 4), brez (uničenega) opazovalnega stebra O6, nam narekuje optimizacijo mreže, saj predvidevamo, da nam mreža ne zagotavlja ustrezne natančnosti, homogenosti, zanesljivosti oziroma nadštevilnosti in enakomerne razporeditve referenčnih točk. Mrežo optimiziramo tako, da mrežo zgostimo za eno referenčno točko, s čimer povečamo število povezav v mreži in s tem nadštevilnost meritev.



Slika 4: Skica mreže Markovci z opazovanji med referenčnimi stebri brez referenčnega stebra O6

Preglednica 1: Statistika točk mreže Markovci

Točke	Oznake točk	Število
Dane referenčne točke – opazovalni stebri	O1, O5	2
Novo referenčne točke – opazovalni stebri	O2, O7	2
Uničen opazovalni steber	O6	1
Kontrolne točke na jezovni zgradbi	H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7	7
Skupno število točk horizontalne mreže Markovci		12

4.2 Simulacija opazovanj

Zaradi trenutno neugodne oblike mreže, moramo poiskati ustrezeni položaj novega opazovalnega stebra, ki bo izboljšal geometrijo mreže. Za pravilno lociranje stebra moramo upoštevati pravila projektiranja mrež, pri čemer se pojavi več možnih mest za postavitev opazovalnega stebra. Optimalno mesto izberemo na podlagi simulacij opazovanj, saj lahko z njimi opravljamo številne preizkuse glede na različne kriterije.

4.2.1 Simulacija opazovanj po metodi Monte Carlo

Obstajata dva načina, kako izračunati natančnosti določitve izravnanih koordinat točk v mreži, in sicer jih lahko izračunamo iz kovariančne matrike ocenjenih neznanek Σ_{xx} ali pa opazovanja simuliramo z metodo Monte Carlo in jih izravnamo. S simulacijami na računalniku rešujemo matematične in logične probleme. Z njimi lahko na podlagi večjega števila poizkusov rešimo številne probleme. Simulacije imajo poleg prednosti tudi dve slabosti, saj niso zelo natančne in so relativno počasne [7].

Z metodo Monte Carlo simulacije izvajamo tako, da generiramo slučajne spremenljivke z določeno porazdelitveno funkcijo. Torej metoda Monte Carlo vključuje generiranje vzorca poljubno porazdeljene slučajne spremenljivke X s porazdelitveno funkcijo $F_X(x)$, ki temelji na vzorcu enakomerno porazdeljene slučajne spremenljivke U s porazdelitveno funkcijo:

$$F_U(u) = u \text{ (za } 0 \leq u \leq 1\text{)}. \quad (1)$$

Vzorec slučajne spremenljivke ima tri pomanjkljivosti, in sicer je enkraten, izračuna ne moremo ponoviti s povsem enakimi vrednostmi in vzorca ni lahko generirati. To narekuje generiranje vzorca psevdoslučajnih števil. Ta števila pa imajo enake lastnosti kot slučajna števila. Vzorec poljubno porazdeljene slučajne spremenljivke lahko generiramo z različnimi metodami [7].

Najprimernejša in najpogosteje uporabljena je inverzna metoda. Imamo dva enako velika vzorca dveh neodvisnih slučajnih spremenljivk, kjer je prva slučajna spremenljivka X porazdeljena po porazdelitvi $F_X(x)$, druga slučajna spremenljivka U pa je enakomerno porazdeljena od 0 do 1. Verjetnost, da sta ti dve spremenljivki manjši od i -tega elementa, ki so v vzorcih razvrščeni po velikosti, v ustreznem vzorcu, je enaka. To predpostavko z enačbo zapišemo na naslednji način:

$$P[X < x_i] = F_X(x_i) = P[U < u_i] = F_U(u_i) = u_i. \quad (2)$$

Iz enačbe 2 lahko izračunamo i -ti element vzorca slučajne spremenljivke:

$$F_X(x_i) = u_i \rightarrow x_i = F_X^{-1}(u_i). \quad (3)$$

Vzorca normalno porazdeljenih slučajnih spremenljivk ne moremo generirati z inverzno metodo, zato se za te vrste spremenljivk najpogosteje uporablja polarna metoda generiranja slučajnih spremenljivk, ki jo imenujemo metoda Box in Mueller. Imamo vzorec $(u_{1i}, i = 1, \dots, n)$ spremenljivke U_1 in vzorec $(u_{2i}, i = 1, \dots, n)$ spremenljivke U_2 , ki sta neodvisni slučajni spremenljivki in enakomerno porazdeljeni od 0 do 1. Iz teh dveh vzorcev izračunamo vzorec standardno normalno porazdeljene slučajne spremenljivke X :

$$x_i = \sqrt{-2 \cdot \ln u_{1i}} \cdot \sin(2\pi u_{2i}). \quad (4)$$

Iz opazovanj je potrebno eliminirati grobe in sistematične pogreške. Slučajnih pogreškov pa ne moremo odstraniti, zato moramo pri simulaciji opazovanj pravim vrednostim prišteti slučajni pogrešek:

$$y_i = \bar{y} + x_i \cdot \sigma. \quad (5)$$

V enačbi 5 parameter \bar{y} predstavlja srednjo vrednost okoli katere so opazovanja porazdeljena normalno s standardno deviacijo σ [7].

Ob predpostavki, da poznamo koordinate vseh točk, lahko z enačbo 5 izračunamo simulirane vrednosti opazovanj. Simulirana opazovanja izravnamo po metodi najmanjših kvadratov, tako kot bi izravnali dejansko opravljene meritve [7].

4.2.2 Simulacija opazovanj v mreži Markovci

Simulacija opazovanj v mreži Markovci je bila izvedena z računalniškim programom SOM [8], ki je namenjen simulaciji opazovanj v horizontalnih geodetskih mrežah. Rezultate simuliranih opazovanj smo nato predhodno izravnali z računalniškim programom GEM4 [9]. Skladno s priporočili za geotehnična opazovanja [6] smo simulacijo opravili za dva niza mejnih natančnosti, vendar se oba nanašata na II. nivo natančnosti, kamor spadajo precizne mikro-mreže za ugotavljanje premikov in

deformacij. V priporočilih za geotehnična opazovanja se v II. nivo natančnosti uvrščajo elektronski tahimetri, ki ustrezajo zahtevam po natančnosti:

- kotna natančnost (ISO 17123-3): $\sigma_{\alpha,z} \leq 1''$,
- dolžinska natančnost (ISO 17123-4): $\sigma_D \leq 2 \text{ mm}$; 2 ppm.

Najprej smo simulirali opazovanja za instrument Leica Geosystems TS30, ki je trenutno najbolj natančen elektronski tahimeter na tržišču. Zanj smo se odločili zato, ker so v zadnjih izmerah dejanske meritve v mikro-mreži Markovci izvedene prav s takim instrumentom. Tako bomo imeli možnost primerjave simuliranih meritev z dejanskimi. V drugem nizu pa smo opazovanja simulirali s parametri elektronskega tahimetra Leica Geosystems TCRP1201 (R300), ki je običajne natančnosti.

Tehnični podatki tahimetra Leica Geosystems TS30 o natančnosti merjenja kotov in dolžin:

- kotna natančnost (ISO 17123-3): $\sigma_{\alpha,z} = 0,5''$,
- dolžinska natančnost (ISO 17123-4): $\sigma_D = 0,6 \text{ mm}$; 1 ppm.

Tehnični podatki tahimetra Leica Geosystems TCRP1201 (R300) o natančnosti merjenja kotov in razdalj:

- kotna natančnost (ISO 17123-3): $\sigma_{\alpha,z} = 1''$,
- dolžinska natančnost (ISO 17123-4): $\sigma_D = 2 \text{ mm}$; 2 ppm.

Standardni odklon merjenih dolžin je podan z dvema parametroma: $\sigma_{[\text{mm}]}$ in $\sigma_{[\text{ppm}]}$. Ta dva standardna odklona sta definirana na osnovi slučajnih pogreškov. Za izračun a-priori standardnega odklona dolžin v simulirani mreži moramo upoštevati zakon o prenosu varianc in kovarinc ter izračunati povprečno dolžino med opazovanimi točkami:

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_{[\text{mm}]}^2 + \sigma_{[\text{ppm}]}^2 \cdot \bar{D}^2} \quad (6)$$

Preglednica 2: Povprečna dolžina v mreži in a-priori standardni odklon dolžin

	Leica TS30	Leica TCRP1201 (R300)
\bar{D}	168,29 m	
σ_D	0,623 mm	2,032 mm

Da lahko s programom SOM izvedemo simulacijo opazovanj v geodetski mreži, izdelamo vhodno datoteko s končnico *.opa. V datoteko je potrebno vnesti naslednje podatke:

- standardni odklon smeri,
- standardni odklon dolžin,
- začetno vrednost za generator slučajnih spremenljivk,
- imena in koordinate vseh točk mreže,
- predvidene meritve, ki jih definiramo z imeni stojišč in imeni viziranih točk.

Koordinate danih točk, opazovalna stebra O1 in O5, ki določata koordinatni sistem vklopljene horizontalne mreže, so podane v preglednici 3, horizontalne koordinate ostalih referenčnih in kontrolnih točk pa so razvidne iz preglednice 4.

Preglednica 3: Dane točke v mreži Markovci in njihove definitivne koordinate

Točka	Y [m]	X [m]
O1	1199,2834	908,5911
O5	1011,2688	824,1240

Preglednica 4: Koordinate referenčnih in kontrolnih točk

Točka	Y [m]	X [m]
O2	1005,9231	854,6275
O6	1000,0140	999,9849
O7	1212,5065	1000,0042
H1	1021,4369	1007,8936
H2	1040,9183	1008,7863
H3	1061,8790	1009,7668
H4	1082,8594	1010,7439
H5	1103,7994	1011,7457
H6	1124,7915	1012,7822
H7	1144,0921	1013,7169

Rezultat simulacije so horizontalne smeri med točkami, dolžine med točkami, uteži smeri in uteži dolžin. Uteži smeri so za vsa opazovanja enaka, medtem ko so uteži dolžin odvisne od velikosti dolžin. Uteži dolžin so izračunane po naslednji enačbi:

$$P_{Di} = \frac{100}{D_i} \quad (7)$$

Simulacijo opazovanj mreže Markovci smo za oba niza natančnosti naredili v treh serijah:

- 1. serija: mreža vsebuje opazovalni steber O6,
- 2. serija: mreža ne vsebuje opazovalnega stebra O6,
- 3. serija: mreža vsebuje nov opazovalni steber O6N.

S pomočjo simulacije opazovanj se odločimo za primeren instrument in določimo optimalno število in vrsto opazovanj. Na ta način lažje zagotovimo natančnost, ki jo od nas zahteva naročnik.

Simulirana opazovanja nato uporabimo kot vhodne podatke za predhodno izravnavo, ki jo izvedemo z računalniškim programom GEM4. Na podlagi predhodne izravnave ugotovimo, katera kombinacija danih in novih točk je najustreznejša, da geometrija mreže ostane dovolj homogena in zagotavlja zahtevano natančnost določitve položaja kontrolnih točk od 0,8 mm do 1,0 mm. S postopkom predhodne izravnave smo ugotavljali s kakšno kombinacijo opazovanj v posamezni seriji dobimo optimalne rezultate [10].

4.3 Analiza natančnosti obstoječe geometrije mreže

4.3.1 Mreža vsebuje opazovalni steber O6

V prvi seriji smo poskušali doseči optimalno natančnost referenčnih in kontrolnih točk za oba niza natančnosti, ko mreža vsebuje odstranjen opazovalni steber O6, kot je bil primer v mreži Markovci pred letom 2011. Ugotovili smo, da najboljše rezultate dobimo, če opazovanja izravnamo za kombinirano mrežo.

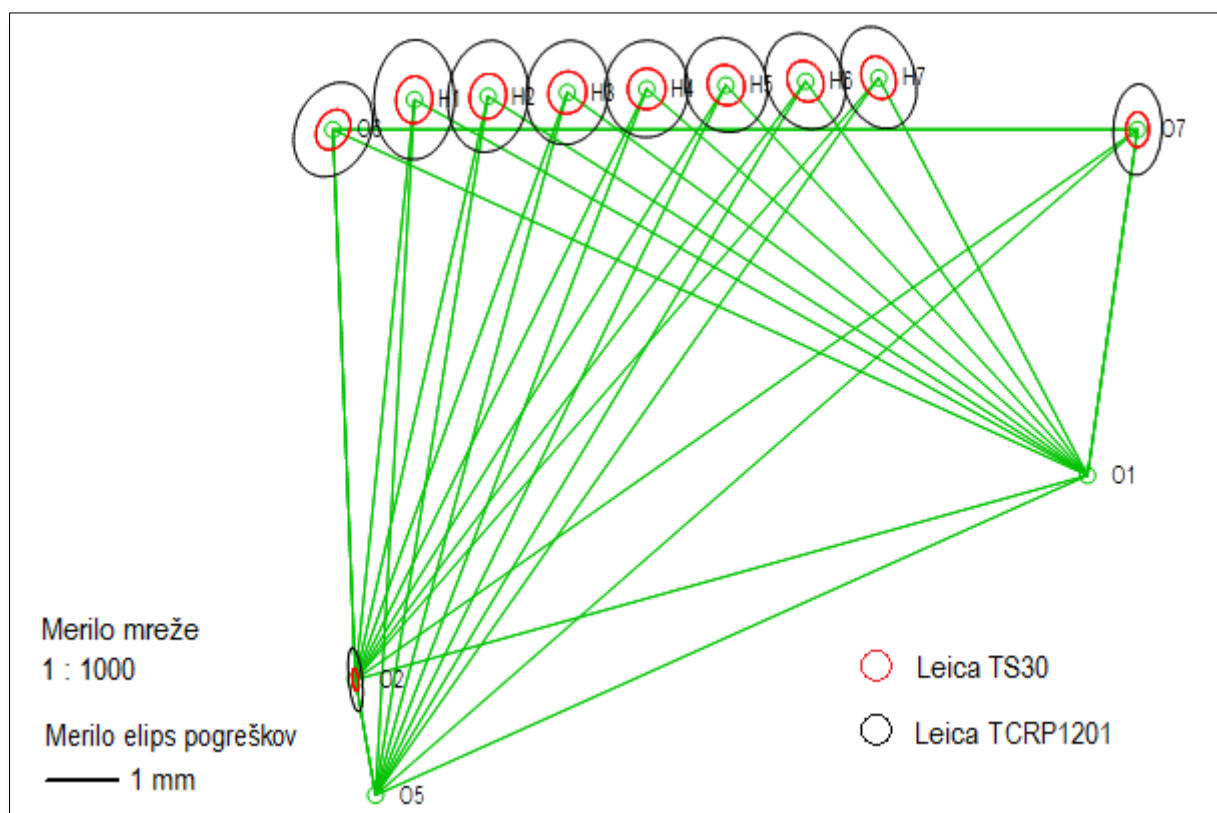
Opazovanja na kontrolne točke smo izvedli iz opazovalnih stebrov O1, O2 in O5. Na kontrolne točke smo opazovali vse horizontalne smeri in dolžine. Med referenčnima točkama O5 in O6 nismo izvedli opazovanj. Simuliranih dolžin nismo obojestransko opazovali med naslednjimi opazovalnimi stebri: O5 in O7, O1 in O2, O1 in O5, O1 in O6, O2 in O7, torej med opazovalnimi stebri, ki ne predstavljajo sosednjih točk v mreži. Te dolžine so tudi nekoliko daljše in imajo tako manjše uteži. Simulirane horizontalne smeri smo izvajali med vsemi točkami, kjer smo izvajali opazovanja. Takšnega pravila smo se držali za oba niza natančnosti, tako pri precizni natančnosti, ko smo v izravnavo vključili podatke tahimetra Leica Geosystems TS30, kot pri običajni natančnosti, ko smo v izravnavo vključili podatke tahimetra Leica Geosystems TCRP1201 (R300). Če bi v izravnavi upoštevali tudi izključene dolžine, bi dobili boljšo položajno natančnost (σ_p), vendar bi bil srednji pogrešek utežne enote (σ_0) pod mejo dopustnosti, ki znaša 0,7. Pri dani kombinaciji izključenih dolžin dobimo optimalno položajno natančnost, ko je srednji pogrešek utežne enote še znotraj intervala sprejemljivosti, med 0,7 in 1,3. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 5. Elipse pogreškov so izrisane na sliki 5.

Preglednica 5: Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže z opazovalnim stebrom O6

Točka	Leica TS30				Leica TCRP1201 (R300)			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,2	0,1	0,0	174	0,4	0,4	0,1	174
O7	0,3	0,2	0,1	180	0,7	0,6	0,3	2
O6	0,3	0,3	0,2	30	0,8	0,7	0,5	25
H1	0,4	0,3	0,2	5	1,0	0,8	0,5	2
H2	0,4	0,3	0,2	9	0,9	0,7	0,5	6
H3	0,4	0,3	0,2	12	0,9	0,7	0,5	9
H4	0,4	0,3	0,2	4	0,8	0,6	0,6	3
H5	0,4	0,3	0,2	158	0,8	0,6	0,5	165
H6	0,4	0,3	0,2	153	0,8	0,7	0,5	159
H7	0,4	0,3	0,2	158	0,8	0,7	0,5	162
Srednji pogrešek								
σ_0	0,74156				0,74443			
σ_α ["]	0,3708				0,7444			
σ_D [mm]	0,4621				1,5128			

Iz preglednice 5 vidimo, da pri obeh nizih natančnosti, najboljšo položajno natančnost dosežemo pri referenčnih točkah. Opazovalni steber O2 pri obeh nizih natančnosti dosega najboljšo položajno natančnost, in sicer pri precizni natančnosti ta znaša 0,2 mm, pri običajni natančnosti pa 0,4 mm. Pri precizni natančnosti vse kontrolne točke dosežejo enako položajno natančnost, medtem ko pri običajni natančnosti kontrolna točka H1 doseže najslabšo položajno natančnost, in sicer 1,0 mm. Iz preglednice ugotovimo, da pri precizni natančnosti najslabša položajna natančnost znaša toliko kot pri običajni natančnosti najboljše. Položajni standardni odklon pri precizni natančnosti ne dosega 0,5 mm, medtem ko pri običajni natančnosti doseže celo 1,0 mm, kar je komajda še sprejemljiva natančnost za naročnika. Upoštevati moramo, da gre za simulirana opazovanja in bi bil izračunani položajni standardni odklon pri dejanskih meritvah še nekoliko težje dosegljiv. Iz tega lahko sklepamo, da za zahtevano visoko natančnost instrument običajne natančnosti ni ustrezen, čeprav po priporočilih za geotehnična opazovanja izpolnjuje kriterije natančnosti [6]. Srednji pogrešek utežne enote je za obe natančnosti skoraj identičen. Je znotraj intervala sprejemljivosti. Standardna odklona smeri in dolžine

sta nekoliko manjša, kot sta deklarirana s strani proizvajalca. Kljub temu sta realno dosegljiva. Da bi dosegli vrednost standardnega odklona smeri, bi morali horizontalne smeri meriti v več girusih, na primer v sedmih girusih.



Slika 5: Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže z opazovalnim stebrom O6

Iz slike 5 lahko razberemo skoraj identično obliko in orientacijo elips pogreškov za obe obravnavani natančnosti. Velikost elips je pričakovano bistveno manjša pri simulirani mreži, kjer uporabimo natančnejši instrument. Elipse pogreškov morajo biti čim bolj podobne krogu, vendar to ne velja za točke O2, O7 in H1. Referenčna točka O2 nima idealne oblike elipse pogreškov, saj ni enakomerno oddaljena od vseh točk in je preblizu referenčni točki O5. Njena natančnost je slabša v smeri vodnega toka, torej v smeri ugotavljanja premikov.

4.3.2 Mreža ne vsebuje opazovalnega stebra O6

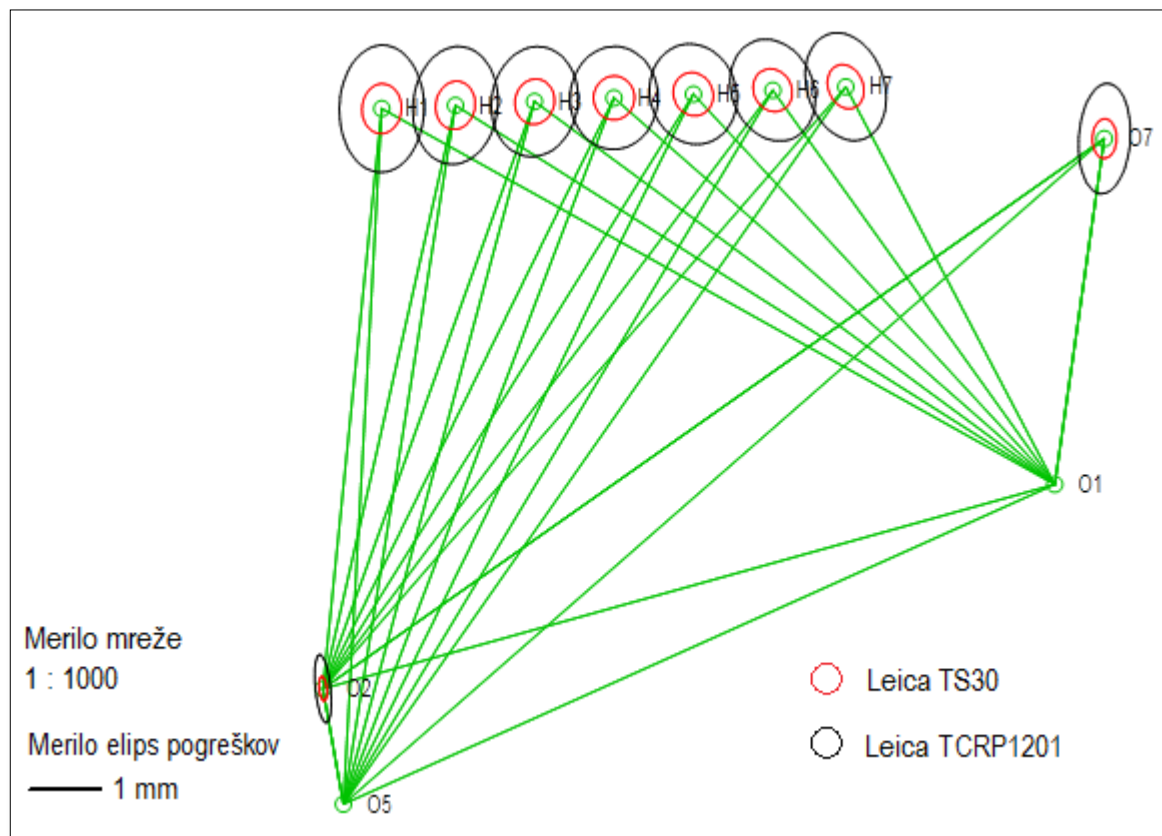
V drugi seriji smo poskušali doseči optimalno položajno natančnost referenčnih in kontrolnih točk, ko mreža ne vsebuje opazovalnega stebra O6. Mreža torej vsebuje samo štiri referenčne točke. Ugotovili smo, da najboljše rezultate dobimo, če opazovanja izravnamo za kombinirano mrežo.

Detajlne točke smo opazovali iz opazovalnih stebrov: O1, O2 in O5. Za izračun smo uporabili vse simulirane horizontalne smeri in simulirane dolžine na detajlne točke. Dolžin nismo obojestransko opazovali med naslednjimi referenčnimi stebri: O1 in O5, O1 in O2, O5 in O7. Pri ostalem postopamo po istem postopku kot pri mreži, ko vsebuje opazovalni steber O6. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 6. Elipse pogreškov so izrisane na sliki 6.

Preglednica 6: Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže brez opazovalnega stebra O6

Točka	Leica TS30				Leica TCRP1201 (R300)			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,2	0,2	0,0	174	0,5	0,5	0,1	174
O7	0,3	0,3	0,2	1	0,8	0,7	0,3	4
H1	0,4	0,3	0,3	4	1,0	0,8	0,6	1
H2	0,4	0,3	0,3	9	1,0	0,8	0,6	6
H3	0,4	0,3	0,3	12	0,9	0,7	0,6	8
H4	0,4	0,3	0,3	4	0,9	0,7	0,6	2
H5	0,4	0,3	0,3	158	0,9	0,7	0,6	165
H6	0,4	0,3	0,2	153	0,9	0,7	0,5	158
H7	0,4	0,3	0,2	158	0,9	0,7	0,5	162
Srednji pogrešek								
σ_0	0,78478				0,78186			
σ_α ["]	0,3924				0,7819			
σ_D [mm]	0,4891				1,5889			

Iz preglednice 6 razberemo, da je položajna natančnost pri precizni natančnosti identična precizni natančnosti, ko mreža vsebuje opazovalni steber O6. Opazimo tudi, da je položajna natančnost pri običajni natančnosti za mrežo brez opazovalnega stebra O6 slabša, kot v mreži, ki vsebuje opazovalni steber O6. Položajna natančnost, pri običajni natančnosti, je pri vseh točkah slabša za 0,1 mm, razen pri točki H1, kjer sta natančnosti identični. Tudi v tej drugi seriji ugotovimo, da položajni standardni odklon pri običajni natančnosti doseže 1,0 mm. Te simulirane vrednosti z dejanskimi meritvami ne moremo doseči, zato tudi za to mrežo velja, da z instrumentom običajne natančnosti ne moremo zagotoviti zahtevane natančnosti naročnika. Srednji pogrešek utežne enote je nekoliko večji kot pri mreži z opazovalnim stebrom O6. Standardni odklon dolžine je mogoče doseči z dejanskimi meritvami in prav tako tudi standardni odklon smeri, za kar bi bilo, po naši oceni, potrebno opraviti sedem girusov.



Slika 6: Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže brez opazovalnega stebra O6

Iz slike 6 pričakovano ugotovimo, da so elipse pogreškov pri običajni natančnosti nekoliko večje kot elipse pogreškov pri precizni natančnosti. Oblika in orientacija elips sta skoraj identični za obe natančnosti. Prav tako so orientacije elips identične za prvo in drugo serijo. Če primerjamo mreži z in brez referenčne točke O6, ugotovimo, da je elipsa pogreškov za opazovalni steber O2 pri mreži, ki ne vsebuje stebra O6, nekoliko bolj sploščena. Prav tako je pri isti mreži pri precizni natančnosti elipsa pogreškov za opazovalni steber O7 nekoliko večja kot pri mreži z opazovalnim stebrom O6, kar je logičen rezultat, saj meritve iz stebra O6 bolj povežejo mrežo. Pri običajni natančnosti brez referenčne točke O6 je elipsa pogreškov za točko O7 nekoliko bolj sploščena kot pri mreži z referenčno točko O6. Elipse pogreškov so pri kontrolnih točkah H6 in H7 za obe mreži identične. Pri ostalih kontrolnih točkah so pri simulirani mreži brez opazovalnega stebra O6 elipse pogreškov nekoliko bolj podobne krogu in večje kot pri simulirani mreži s točko O6. Zaključimo lahko, da ima pri uporabi merskega instrumenta običajne natančnosti ($\sigma_{\alpha,z} = 1''$ in $\sigma_D = 2$ mm; 2 ppm) geometrija mreže večji vpliv na položajno natančnost koordinat obravnavanih točk kot pri uporabi merskega instrumenta precizne natančnosti ($\sigma_{\alpha,z} = 0,5''$ in $\sigma_D = 0,6$ mm; 1 ppm). Poudariti je potrebno, da smo v analizo kot instrument precizne natančnosti vključili trenutno najnatančnejši elektronski tahimeter na tržišču.

4.4 Analiza natančnosti sanirane geometrije mreže

Obstoječo geometrijo mreže je potrebno sanirati. Poiskati je potrebno primerno mesto za nov opazovalni steber O6N, ki bo nadomestil uničen opazovalni steber O6. Pri tem je potrebno upoštevati omejitve, ki jih predstavlja okolje, v katerega je mreža postavljena. Novega opazovalnega stebra ni več mogoče postaviti na isto mesto, kjer je bil do leta 2011 postavljen opazovalni steber O6, saj je na tem mestu zgrajena nova MHE. Možnost postavitve novega stebra tako predstavlja ozek pas med MHE in Dravo oziroma med uničenim opazovalnim stebrom O6 in opazovalnim stebrom O2. Ta pas poteka v smeri toka reke Drave in je na desni strani omejen z gozdom, na levi strani pa z reko. Položaj

novega opazovalnega stebra mora biti takšen, da bo zagotovljena vidnost in s tem omogočene meritve med opazovalnimi stebri O1, O2 in O7. Pri tem moramo paziti tudi na primerno oddaljenost do referenčnih točk. Če se na liniji med opazovalnim stebrom O2 in navideznim uničenim opazovalnim stebrom O6 pomikamo proti stebri O6, dobimo elipse pogreškov, ki so vedno bolj podobne krogu. Bolj ko smo blizu odstranjenemu opazovalnemu stebri, bolj so elipse podobne krogu. Položajna natančnost nove referenčne točke O6N je pri precizni natančnosti konstantna na vsej liniji. Pri običajni natančnosti pa imamo boljše položajno natančnost, če smo bližje opazovalnemu stebri O2. Po liniji, ko se približujemo jezovni zgradbi, se položajna natančnost nove točke O6N pri običajni natančnosti poslabša do 0,2 mm v primerjavi s položajem, ko smo zelo blizu točke O2.



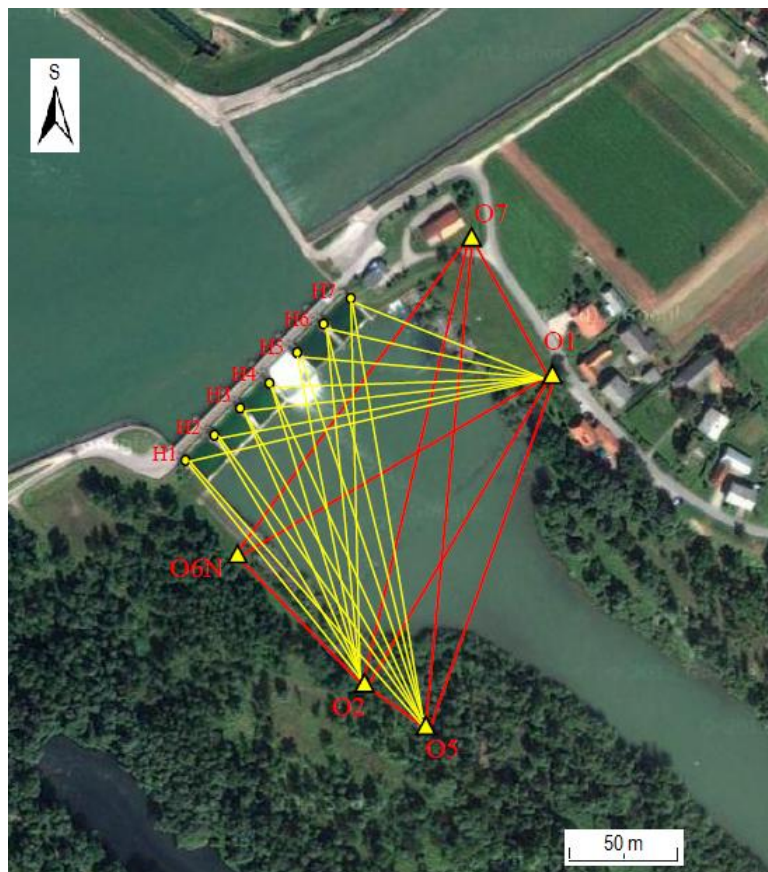
Slika 7: Predlagan optimalen položaj postavitve novega opazovalnega stebra O6N

Na optimalnem mestu za postavitev novega opazovalnega stebra (slika 7), je položajna natančnost te nove točke pri običajni natančnosti slabša za 0,1 mm, kot v primeru, ko smo zelo blizu točki O2. Z oddaljenostjo od opazovalnega stebra O2 se položajna natančnost novega opazovalnega stebra O6N pri običajni natančnosti slabša, medtem ko se pri precizni natančnosti ne spreminja. Kljub temu da pri običajni natančnosti dobimo slabšo položajno natančnost, pri precizni natančnosti pa je položajna natančnost neodvisna od mesta postavitve opazovalnega stebra, nov opazovalni steber postavimo na mesto, ki je čim bližje jezovni zgradbi oziroma MHE. Na ta način zagotovimo ustrezno geometrijo in simetrijo mreže, hkrati pa izpolnimo kriterije projektiranja mreže. Poleg položajne natančnosti je v preciznih mikro-mrežah za ugotavljanje premikov zelo pomembna stabilna okolica v bližini opazovalnega stebra. Nov opazovalni steber postavimo na mesto, ki je od odstranjenega opazovalnega stebra oddaljeno približno 40 m. S tem dobimo najbolj optimalno geometrijo mreže, saj zagotovimo dokaj idealne preseke, enakomerno razporeditev točk po horizontu in s tem enakomerno oddaljenost točk v mreži. Novo referenčno točko O6N lociramo na položaj s koordinatami, ki sta prikazani v preglednici 7. Pri montaži stebra na samem terenu, stebra ne bomo mogli postaviti točno na to mesto s temi koordinatami, zato ga poskušamo locirati na mesto, ki bo znotraj radija 2 m. Na podlagi zgornjega opisa smo s simulacijami in predhodnimi izravnjavami ugotovili, da je predlagana točka primerna za stabilizacijo novega opazovalnega stebra in smo jo privzeli kot optimalno točko za nadaljnje analize.

Preglednica 7: Koordinati optimalnega položaja referenčnega stebra O6N

Točka	Y [m]	X [m]
O6N	1006,8587	958,2296

Posledica postavitve referenčne točke O6N na novo mesto je spremenjena geometrija obstoječe mreže (slika 8). V sanirani horizontalni terestrični mikro-mreži ima mreža referenčnih točk obliko nepravilnega petkotnika, katerega površina znaša približno 2,2 ha. Najdaljša dolžina v mreži še vedno poteka med opazovalnima stebroma O5 in O7, najkrajša pa med stebroma O2 in O5. V novo nastali mreži imajo vse točke enake lastnosti, kot so jih imele v mreži, ki je bila vzpostavljena do leta 2011.



Slika 8: Skica sanirane mreže na podlagi ortofoto

V sanirani mikro-mreži Markovci smo opazovanja simulirali in jih izravnali za primer kombinirane mreže, kombinirane mreže z vključenimi vsemi opazovanji na kontrolne točke, triangulacijske mreže in trilateracijske mreže.

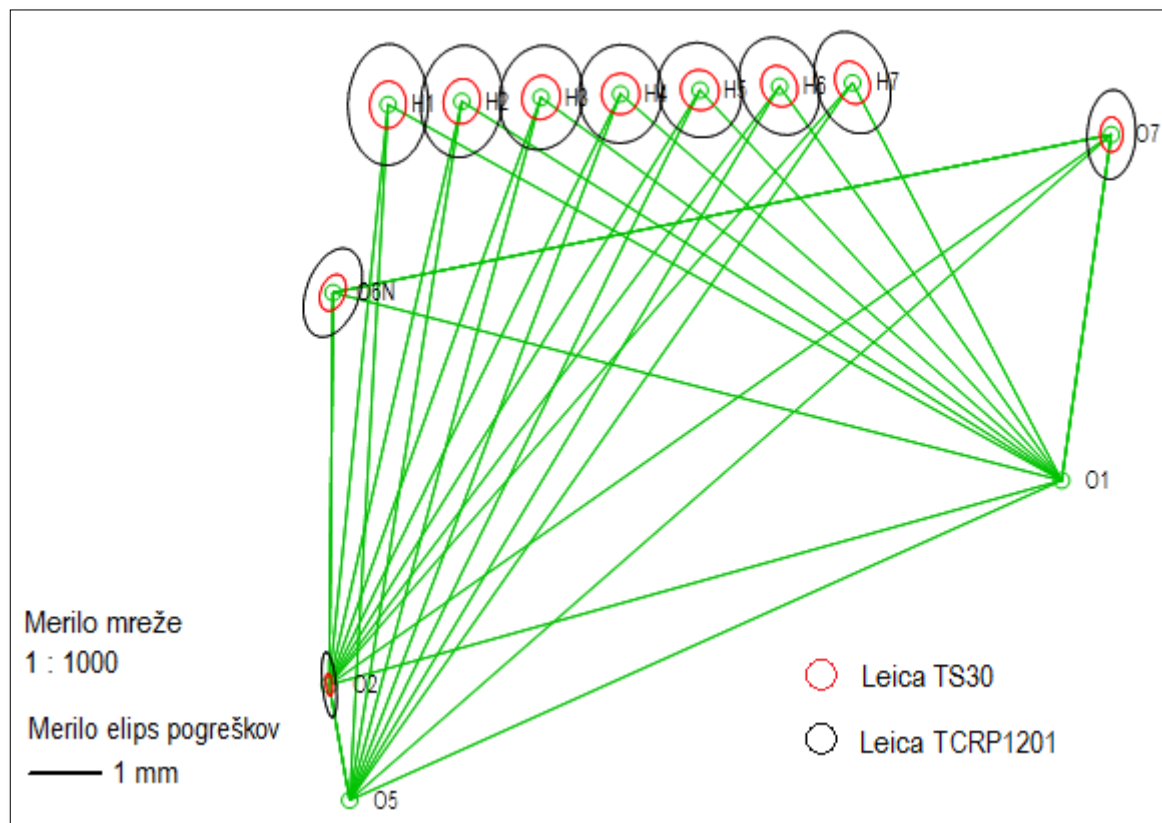
4.4.1 Kombinirana mreža

V predhodni izravnavi smo upoštevali enako kombinacijo opazovanj in upoštevali enaka pravila kot v primeru, ko smo v mreži imeli opazovalni steber O6. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 8. Elipse pogreškov so izrisane na sliki 9.

Preglednica 8: Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N

Točka	Leica TS30				Leica TCRP1201 (R300)			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,2	0,1	0,0	174	0,4	0,4	0,1	174
O7	0,3	0,2	0,1	1	0,7	0,6	0,3	3
O6N	0,3	0,3	0,2	21	0,7	0,6	0,3	20
H1	0,4	0,3	0,2	4	1,0	0,8	0,5	2
H2	0,4	0,3	0,2	9	0,9	0,7	0,5	6
H3	0,4	0,3	0,2	12	0,9	0,7	0,5	9
H4	0,4	0,3	0,3	3	0,9	0,6	0,6	3
H5	0,4	0,3	0,2	158	0,8	0,6	0,5	165
H6	0,4	0,3	0,2	154	0,8	0,7	0,5	159
H7	0,4	0,3	0,2	158	0,8	0,7	0,5	162
Srednji pogrešek								
σ_0	0,74578				0,74998			
σ_α ["]	0,3729				0,7500			
σ_D [mm]	0,4648				1,5241			

Iz preglednice 8 pri precizni natančnosti ugotovimo, da je položajni pogrešek popolnoma identičen položajnemu pogrešku v prvi seriji, kjer mreža vsebuje referenčno točko O6. Položajna pogreška običajne natančnosti pa se med prvo in tretjo serijo nekoliko razlikujeta. Nova točka O6N je v novo vzpostavljeno mrežo določena z rahlo slabšo natančnostjo kot točka O6 v mreži pred letom 2011. Razlika v položajni natančnosti med njima znaša 0,1 mm. Isto ugotovimo tudi za kontrolno točko H4. Če primerjamo to tretjo serijo z drugo serijo, ugotovimo, da pride do zelo majhnih razlik. Točke O2, O7, H2, H5, H6 in H7 so v drugi seriji določene z 0,1 mm slabšo natančnostjo. Pomembna je ugotovitev, da z vzpostavitvijo novega stebra dobimo boljše položajno natančnost točk v mreži kot brez njega.



Slika 9: Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N

Iz slike 9 vidimo, da so elipse pogreškov v tretji seriji skoraj identične elipsam pogreškov v prvi seriji, kar potrjuje domnevo o primerni lokaciji nadomestnega referenčnega stebra O6N. Če primerjamo tretjo serijo s prvo serijo pri precizni natančnosti, ugotovimo, da pride do razlike v obliki elipse pogreškov samo pri točki H4, ki ima v tretji seriji elipso pogreškov v obliki kroga, kar je zaželeno. Pri primerjavi teh dveh serij pri običajni natančnosti pa pridemo do zaključkov, da ima nova referenčna točka O6N nekoliko bolj sploščeno elipso pogreškov kot v primeru še obstoječe referenčne točke O6.

4.4.2 Kombinirana mreža z dodatnimi opazovanji na kontrolne točke

Analizo natančnosti smo naredili tudi za kombinacijo, ko smo na kontrolne točke opazovali iz vseh petih opazovalnih stebrov, torej tudi iz opazovalnega stebra O6N in O7. Na kontrolne točke izvajamo dodatna opazovanja, s katerimi povečamo nadštevilnost meritev v mreži. V izračun smo vključili vse horizontalne smeri in dolžine med točkami, razen dolžine med danima točkama. Iz teh dveh stebrov v dejanskih meritvah na izvajamo meritev na kontrolne točke, saj s temi dodatnimi opazovanji ne zagotovimo idealnih presekov v mreži. Kljub temu smo s simulacijami in predhodno izravnavo poskušali ugotoviti, kako dodatna opazovanja na kontrolne točke vplivajo na doseženo položajno natančnost točk v mreži. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 9. Elipse pogreškov so izrisane na sliki 10.

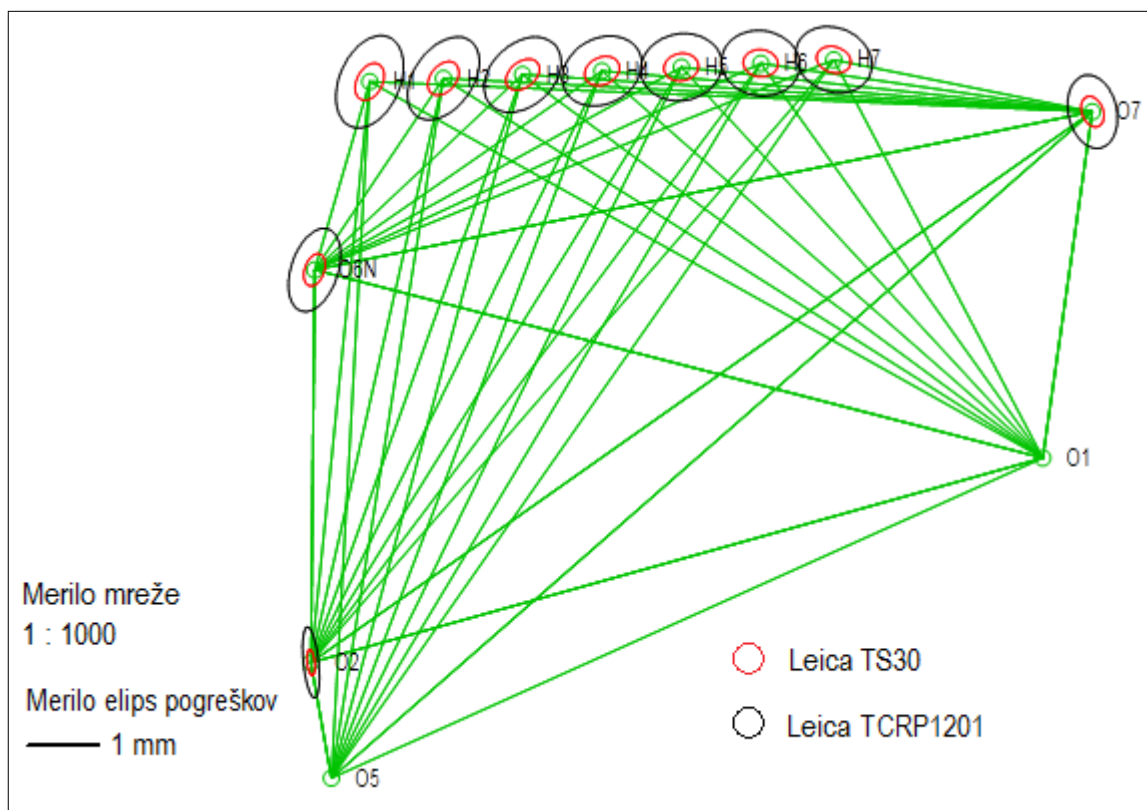
Preglednica 9: Analiza natančnosti simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N z vključenimi vsemi opazovanji na kontrolne točke

Točka	Leica TS30				Leica TCRP1201 (R300)			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,2	0,2	0,0	174	0,5	0,5	0,1	174
O7	0,2	0,2	0,1	159	0,6	0,5	0,3	168
O6N	0,3	0,2	0,1	18	0,6	0,6	0,3	18
H1	0,3	0,3	0,2	27	0,8	0,6	0,4	23
H2	0,3	0,3	0,2	39	0,7	0,6	0,4	35
H3	0,3	0,2	0,2	51	0,7	0,6	0,4	47
H4	0,3	0,2	0,2	64	0,7	0,6	0,4	61
H5	0,3	0,2	0,2	80	0,7	0,5	0,4	79
H6	0,3	0,2	0,2	95	0,7	0,5	0,4	98
H7	0,3	0,2	0,2	107	0,7	0,5	0,4	113
Srednji pogrešek								
σ_0	0,83779				0,82729			
σ_α ["]	0,4189				0,8273			
σ_D [mm]	0,5221				1,6812			

Iz preglednice 9 lahko razberemo, da standardni odklon položaja točk pri precizni natančnosti doseže 0,3 mm, kar pomeni, da tudi v tem primeru uspemo doseči zahtevano natančnost naročnika, ki pa kljub večjemu številu meritev ni bistveno boljša. Če primerjamo preglednici 8 in 9 pri običajni natančnosti, ugotovimo, da dodatna opazovanja znatno izboljšajo položajno natančnost točk v mreži, saj standardni odklon položaja točk doseže največjo vrednost 0,8 mm. Kljub večjemu številu nadštevilnih meritev lahko zaključimo, da bi z dejansko izvedenimi meritvami z instrumentom običajne natančnosti, ki jih opravimo zelo vestno, zelo težko dosegli zahtevano položajno natančnost naročnika.

Pri primerjavi rezultatov izpisanih v preglednicah 8 in 9 pridemo do nekaterih ugotovitev. Iz preglednice 9 vidimo, da z dodatnimi opazovanji na kontrolne točke in brez izključevanja dolžin med referenčnimi stebri, razen med danima stebroma, v vsakem primeru dobimo boljšo položajno natančnost referenčnih in kontrolnih točk. Pri precizni natančnosti dobimo za vse točke, razen za točki O2 in O6N, boljšo položajno natančnost za 0,1 mm, kakor v primeru, ko kontrolne točke opazujemo samo iz treh referenčnih stebrov. Tudi pri običajni natančnosti dobimo za vse točke, razen za točko O2, kjer je položajna natančnost celo slabša, boljšo položajno natančnost od 0,1 mm do 0,2 mm, če kontrolne točke opazujemo iz vseh stebrov in ne izključujemo dolžin med referenčnimi stebri. Srednji pogrešek utežne enote je v tej mreži določen nekoliko boljše, saj je bližje vrednosti 1. Nekoliko večjo vrednost dosežeta tudi srednji pogrešek dolžin in smeri, kar je z vestnimi meritvami mogoče doseči. Zaključimo lahko, da s povečanjem števila opazovanj med točkami, povečamo število nadštevilnih meritev, s čimer izboljšamo položajno natančnost in zanesljivost točk v mreži. Kljub temu da z dodatnimi meritvami na kontrolne točke dobimo nekoliko boljšo položajno natančnost v primeru preciznih meritev, zadostuje, da kontrolne točke opazujemo samo iz treh referenčnih stebrov. V primeru meritev običajne natančnosti priporočamo vključitev meritev iz vseh referenčnih stebrov, kar zagotavlja boljšo položajno natančnost. Zaključimo lahko, da ima število nadštevilnih meritev v

primeru običajne natančnosti večji vpliv na položajno natančnost kot pri preciznih meritvah, podobno kot smo sklepali v primeru geometrije mreže.



Slika 10: Elipse pogreškov simulirane kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N z vključenimi vsemi opazovanji na kontrolne točke

Iz slike 10 vidimo, da imajo elipse pogreškov za obe obravnavani natančnosti skoraj identično obliko in orientacijo. Pri precizni natančnosti je velikost elips pogreškov pričakovano manjša.

Orientacija elips se, ko imamo vključena vsa opazovanja na kontrolne točke, nekoliko razlikuje od orientacije elips pogreškov, ko kontrolnih točk ne opazujemo iz referenčnih stebrov O6N in O7. Ko kontrolnih točk ne opazujemo iz omenjenih dveh referenčnih točk, so elipse pogreškov kontrolnih točk bolj sploščene oziroma raztegnjene v smeri toka reke Drave. V primeru vključenih vseh opazovanj na kontrolne točke, pa so elipse kontrolnih točk bolj sploščene v prečni smeri na tok reke, kar je glede določanja premikov kontrolnih točk boljše, saj so pri določanju premikov jezovne zgradbe pomembni predvsem premiki v smeri toka reke. Zaključimo lahko, da s povečanjem števila nadštevilnih meritev, z vključenimi vsemi opazovanji na kontrolne točke in brez izključevanja dolžin med referenčnimi točkami, pridemo do boljše položajne natančnosti in do bolj primerne orientacije elips pogreškov, ki omogočajo bolj zanesljivo spremljanje premikov kontrolnih točk in s tem jezovne zgradbe.

4.4.3 Triangulacijska mreža

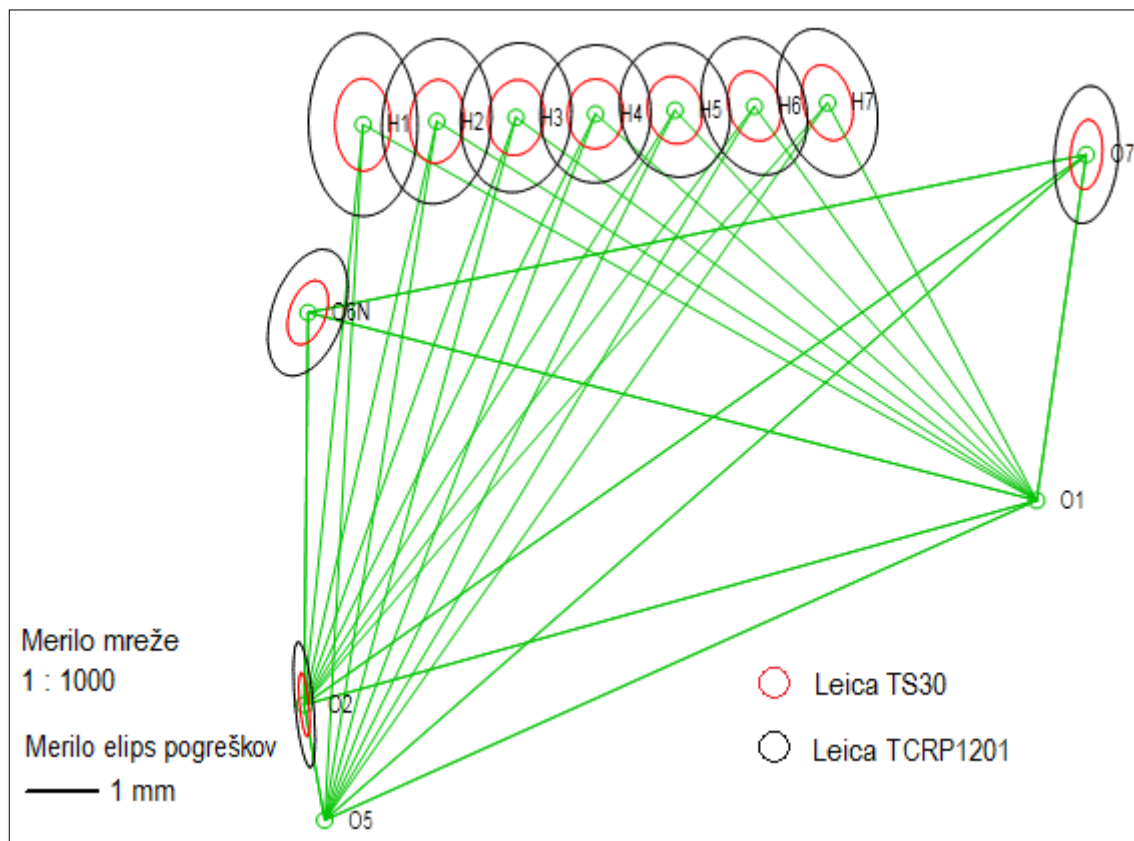
Simulirana opazovanja smo v sanirani mreži izravnali tudi za primer triangulacijske mreže. Triangulacijska mreža je mreža, v kateri opazujemo samo horizontalne smeri, dolžin v triangulacijskih mrežah ne upoštevamo. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 10. Elipse pogreškov so izrisane na sliki 11.

Preglednica 10: Analiza natančnosti simulirane triangulacijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N

Točka	Leica TS30				Leica TCRP1201 (R300)			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,4	0,4	0,1	174	0,8	0,8	0,1	174
O7	0,5	0,5	0,2	4	1,0	0,9	0,4	4
O6N	0,5	0,4	0,2	20	1,0	0,9	0,5	20
H1	0,7	0,6	0,4	180	1,4	1,2	0,7	180
H2	0,7	0,6	0,4	4	1,3	1,1	0,7	4
H3	0,6	0,5	0,4	6	1,2	1,0	0,7	6
H4	0,6	0,5	0,4	1	1,2	0,9	0,7	1
H5	0,6	0,5	0,4	168	1,1	0,9	0,7	168
H6	0,6	0,5	0,3	162	1,1	0,9	0,7	162
H7	0,6	0,5	0,3	164	1,2	1,0	0,6	164
Srednji pogrešek								
σ_0	0,88946				0,87955			
σ_α ["]	0,4447				0,8795			

Iz preglednice 10 vidimo, da položajni standardni odklon pri precizni natančnosti dosega 0,7 mm. Iz tega sklepamo, da bi z dejanskimi meritvami s preciznim instrumentom zelo težko dosegli položajno natančnost, ki jo zahteva naročnik, saj so dejanske meritve obremenjene z nekaterimi vplivi, ki jih s simulacijami ne moremo predvideti. Položajni standardni odklon pri običajni natančnosti pa pri vseh točkah preseže vrednost 1,0 mm, razen pri točki O2. Z dejanskimi meritvami z instrumentom običajne natančnosti ne moremo doseči zahtevane natančnosti naročnika, zato metoda triangulacije ni primerna za ugotavljanje stabilnosti v mikro-mrežah. Srednji pogrešek utežne enote je v intervalu sprejemljivosti in je od vseh obravnavanih primerih najbližje vrednosti 1, kar je pričakovano, saj obravnavamo le istovrstne meritve.

Če primerjamo položajno natančnost triangulacijske mreže (preglednica 10) in kombinirane mreže (preglednica 8), ugotovimo, da ima triangulacijska mreža pri precizni natančnosti do 0,3 mm pri običajni natančnosti pa do 0,4 mm slabšo položajno natančnost kot kombinirana mreža.



Slika 11: Elipse pogreškov simulirane triangulacijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N

Iz slike 11 vidimo, da imajo elipse pogreškov za oba niza natančnosti skoraj identično obliko in popolnoma enako orientacijo. Pričakovano pa so večje elipse pogreškov pri obravnavani običajni natančnosti.

Pri primerjavi elips pogreškov kombinirane mreže (slika 9) in triangulacijske mreže (slika 11), ugotovimo, da so elipse pogreškov pri triangulacijski mreži pričakovano večje. Orientacija in oblika elips pa sta v obeh mrežah skoraj identični. Ker opazujemo horizontalne smeri, so elipse pogreškov kontrolnih točk bolj sploščene oziroma raztegnjene v smeri toka reke, kar za ugotavljanje premikov jezovne zgradbe ni najboljše.

4.4.4 Trilateracijska mreža

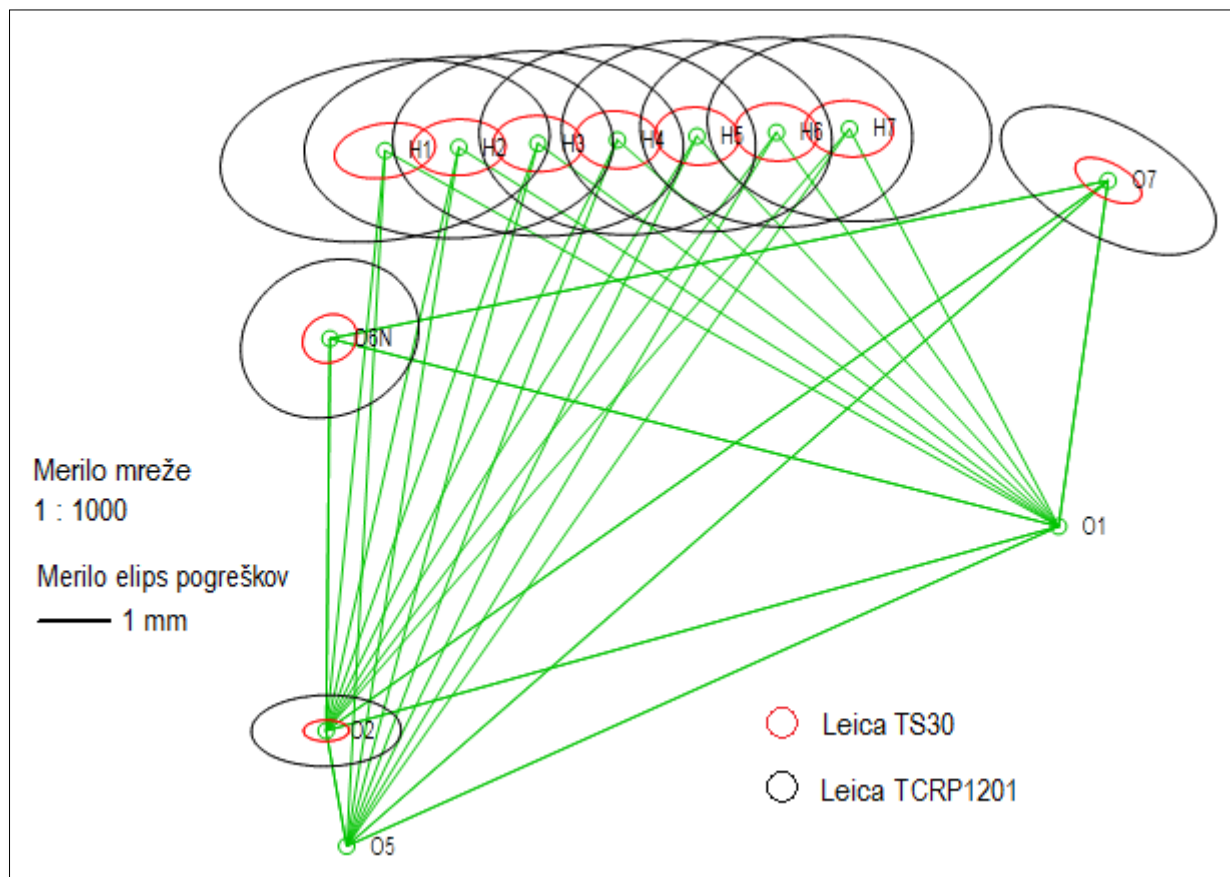
Simulirana opazovanja smo v sanirani mreži izravnali tudi za primer trilateracijske mreže, v kateri opazujemo samo dolžine. Dobljeni rezultati so prikazani v preglednici 11. Elipse pogreškov so izrisane na sliki 12.

Preglednica 11: Analiza natančnosti simulirane trilateracijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N

Točka	Leica TS30				Leica TCRP1201 (R300)			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,3	0,3	0,1	89	1,1	1,0	0,5	89
O7	0,5	0,5	0,2	118	1,7	1,6	0,7	118
O6N	0,5	0,4	0,3	65	1,6	1,2	1,0	65
H1	0,8	0,7	0,4	82	2,5	2,2	1,2	82
H2	0,7	0,6	0,4	88	2,4	2,0	1,2	88
H3	0,7	0,6	0,4	92	2,3	1,9	1,2	92
H4	0,7	0,6	0,4	95	2,2	1,8	1,2	95
H5	0,7	0,5	0,4	95	2,2	1,8	1,3	95
H6	0,7	0,6	0,4	94	2,2	1,8	1,2	94
H7	0,7	0,6	0,4	95	2,2	1,9	1,2	95
Srednji pogrešek								
σ_0	0,65106				0,65219			
σ_D [mm]	0,4057				1,3254			

Iz preglednice 11 lahko razberemo, da položajni standardni odklon pri precizni natančnosti doseže 0,8 mm, iz česar sklepamo, da z dejanskimi meritvami ne moremo doseči zahtevane položajne natančnosti. To velja tudi pri običajni natančnosti, kjer položajni standardni odklon doseže vrednost 2,5 mm. Srednji pogrešek utežne enote ni znotraj intervala sprejemljivosti.

Pri primerjavi trilateracijske mreže (preglednica 11) in kombinirane mreže (preglednica 8), ugotovimo, da je položajni pogrešek pri precizni natančnosti pri trilateracijski mreži večji do 0,4 mm. Pri običajni natančnosti pa pride do večjih razlik, in sicer je položajna natančnost v trilateracijski mreži določena tudi do z 1,5 mm slabšo natančnostjo.



Slika 12: Elipse pogreškov simulirane trilateracijske mreže z novim opazovalnim stebrom O6N

Iz slike 12 vidimo, da imajo elipse pogreškov za oba niza natančnosti skoraj enako obliko in popolnoma identično orientacijo. Na podlagi predhodnih analiz ugotovimo, da je razmerje velikosti elips pogreškov med precizno in običajno natančnostjo pri trilateracijski mreži precej večje.

Ko primerjamo elipse pogreškov kombinirane mreže (slika 9) in trilateracijske mreže (slika 12), ugotovimo, da so elipse pogreškov pri trilateracijski mreži večje. Elipse se razlikujejo tudi po obliki in orientaciji. V obravnavani trilateracijski mreži so vse elipse pogreškov, zaradi opazovanj dolžin, sploščene prečno na smer toka reke. Točke določene z instrumentom običajne natančnosti so pri trilateracijski mreži določene s precej slabšo položajno natančnostjo kot pri ostalih mrežah. Zaključimo lahko, da metoda trilateracije na osnovi meritev z razdaljemerom običajne natančnosti nikakor ni primerna za ugotavljanje stabilnosti v mikro-mrežah.

4.5 Primerjava med simuliranimi in dejanskimi meritvami

V predvideni terestrični mikro-mreži Markovci smo opravili tudi dejanske meritve, ki smo jih nato primerjali s simuliranimi opazovanji kombinirane mreže z novim opazovalnim stebrom O6N, vendar z nekoliko spremenjenim planom opazovanj. Predviden opazovalni steber O6N je nadomestila začasna točka, ki ni trajno stabilizirana in je bila signalizirana s stativom in preciznim reflektorjem. Ta začasna točka je bila določena v spomladanski izmeri leta 2011. S simulacijami in izravnavo smo ugotovili, da položaj te točke zagotavlja primeren rezultat, zato smo to začasno točko izbrali kot optimalno točko za postavitev opazovalnega stebra O6N. Z enakimi koordinatami nove referenčne točke in začasne točke zagotovimo primerljivost simuliranih in dejanskih meritev.

Tako pri dejanskih meritvah, kakor tudi pri simuliranih opazovanjih smo kontrolne točke opazovali iz opazovalnih stebrov O1, O2 in O5. Da zagotovimo primerljivost dejanskih in simuliranih meritev, moramo upoštevati za oba sklopa meritev enak plan opazovanj, tako da v izravnano za oba sklopa meritev vključimo enako kombinacijo horizontalnih smeri in dolžin. Za horizontalne smeri smo uporabili enako kombinacijo vključevanja in izključevanja kot pri zgornjih simulacijah kombinirane mreže, medtem ko smo pri dolžinah postopali nekoliko drugače. Poleg tega da nismo upoštevali enake kombinacije vključevanja in izključevanja dolžin kot pri zgornjih simulacijah kombinirane mreže, smo v izravnano vključili tudi nekaj manj dolžin, saj jih pri dejanskih meritvah nismo opazovali. Kljub temu da se zavedamo, da imamo nekoliko manj nadštevilnih opazovanj, kot je potrebnih za optimalno rešitev, za izravnano uporabimo takšen plan opazovanj, saj lahko le tako zagotovimo primerljivost simuliranih in dejanskih opazovanj.

Dejanske meritve so bile, tako kot simulirana opazovanja, izravnane po metodi najmanjših kvadratov s posredno izravnano z računalniškim programom GEM4. Del vhodnih podatkov za izravnano predstavljajo reducirane sredine sedmih girusov opazovanih smeri. Za redukcijo dolžin na izbrano nivojsko ploskev je potrebno upoštevati zenitne razdalje, katerih definitivna vrednost je aritmetična sredina sedmih ponovitev. Merjene dolžine smo reducirali na nivo 200 m za instrumentalne, meteorološke, geometrične in projekcijske popravke.

Preglednica 12: Primerjava med simuliranimi in dejanskimi meritvami sanirane mreže

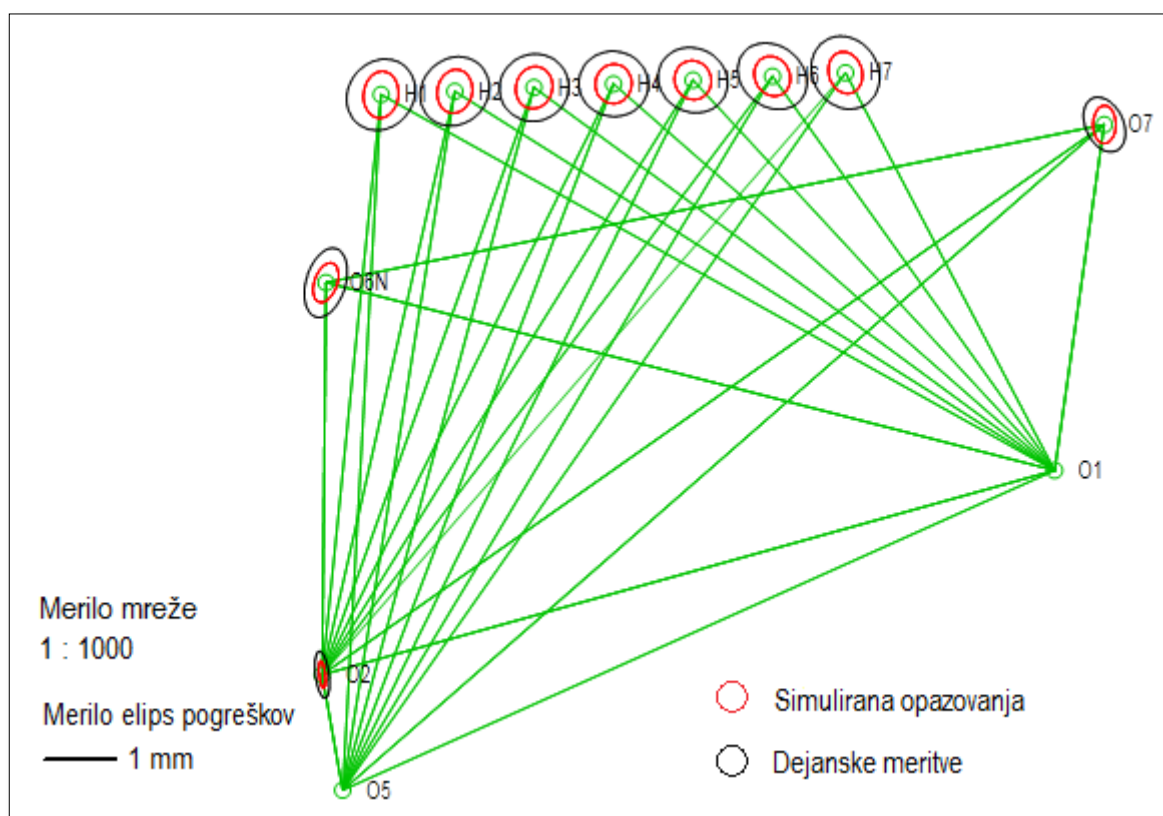
Točka	Izravnava simuliranih opazovanj				Izravnava dejanskih meritev			
	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]	σ_p [mm]	a [mm]	b [mm]	θ [°]
O2	0,2	0,2	0,0	174	0,3	0,3	0,1	173
O7	0,3	0,2	0,1	0	0,5	0,4	0,3	156
O6N	0,3	0,3	0,2	19	0,5	0,5	0,3	17
H1	0,4	0,3	0,2	7	0,6	0,5	0,4	37
H2	0,4	0,3	0,2	11	0,6	0,5	0,4	45
H3	0,4	0,3	0,2	14	0,6	0,5	0,4	66
H4	0,4	0,3	0,2	8	0,6	0,5	0,4	99
H5	0,4	0,3	0,2	161	0,6	0,5	0,4	118
H6	0,4	0,3	0,2	154	0,6	0,5	0,4	129
H7	0,4	0,3	0,2	164	0,7	0,5	0,4	148
Srednji pogrešek								
σ_0	0,71678				1,00039			
σ_α ["]	0,3584				0,8163			
σ_D [mm]	0,4467				0,7371			

V preglednici 12 so prikazani rezultati obeh izravnav za precizno natančnost, saj so bile dejanske meritve opravljene z instrumentom Leica Geosystems TS30, ki ima s strani proizvajalca deklarirano kotno natančnost (ISO 17123-3) $\sigma_{\alpha,z} = 0,5''$ in dolžinsko natančnost (ISO 17123-4) $\sigma_D = 0,6$ mm; 1 ppm.

Vidimo, da z dejanskimi meritvami dobimo za vse točke slabšo položajno natančnost od simulirane. Položajni standardni odklon pri dejanskih meritvah doseže 0,7 mm, medtem ko pri simuliranih opazovanjih dosega 0,4 mm. V mikro-mreži z dejanskimi meritvami dosežemo za 0,3 mm slabšo položajno natančnost kot s simuliranimi opazovanji. Vzrok temu je, da so pri dejanskih meritvah prisotni določeni vplivi oziroma pogreški, ki jih s simulacijami ne moremo predvideti. Zavedati se moramo, da s simulacijami dobimo praviloma boljše rezultate kot z dejanskimi meritvami, zato moramo pri simulacijah zagotoviti nekoliko boljše rezultate kot jih zahteva naročnik.

Pogreške, ki vplivajo na dejanske meritve, v osnovi glede na izvor razdelimo v tri skupine: pogreški delovnega okolja, instrumentalni pogreški in pogreški operaterja. Na pogreške delovnega okolja vplivajo: bočna in vertikalna refrakcija, pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti objektov ter pogreška centriranja in signaliziranja. Med instrumentalne pogreške spadajo: kolimacijski pogrešek, pogrešek horizontalnosti osi Y , pogrešek alhidadne libele in pogreška razdelbe in vlečenja limba. Poleg teh pogreškov na meritve vplivajo tudi pogreški, ki nastanejo pri merjenju dolžin, in sicer: pogrešek določitve meteoroloških vplivov, pogrešek merske frekvence in pogrešek adicijske konstante. Vsi ti naštetih pogreški vplivajo na dobljene rezultate. Kljub temu da jih poskušamo na različne načine eliminirati, jih popolnoma ne moremo odstraniti, zato imajo določen vpliv na rezultate, katerega s simulacijami ne moremo predvideti. Posledica tega je, da pride do razlik v položajni natančnosti med simuliranimi in dejanskimi meritvami.

Pri dejanskih meritvah smo za a-priori standardna odklona dolžin in kotov vzeli enaki vrednosti kot pri simuliranih opazovanjih. Srednji pogrešek utežne enote, ki je globalna mera natančnosti, je pri dejanskih meritvah enak vrednosti 1. Da dosežemo to vrednost, moramo uskladiti natančnost opazovanj tako, da opazovanjem dodelimo ustrezne uteži. S tem dosežemo idealno razmerje med referenčno varianco a-posteriori $\hat{\sigma}_0^2$ in referenčno varianco a-priori σ_0^2 .



Slika 13: Elipse pogreškov simuliranih opazovanj in dejanskih meritev

Iz slike 13 vidimo, da je velikost elips pogreškov večja pri dejanskih meritvah. Oblika elips je pri vseh točkah skoraj identična za obe meritvi. Točki O6N in O2 imata pri obeh opazovanjih skoraj identični orientaciji elips, medtem ko se ostale orientacije elips nekoliko razlikujejo.

4.6 Stabilizacija referenčnih in kontrolnih točk

Pri ugotavljanju stabilnosti objektov je običajno potrebno definirati premike reda do 1 mm, zato je zelo pomembna lastna stabilnost referenčnih in kontrolnih točk. Poznamo več načinov stabilizacije geodetskih točk, kjer ima vsak način dobre in slabe lastnosti. Zagotoviti je potrebno naslednje pogoje:

- lastno lokalno stabilnost točke,
- možnost prisilnega centriranja,
- točka mora biti fizično in vizualno čim manj moteča v naravnem okolju in na objektu in
- čim manjše stroške gradnje.

Vse te pogoje je težko izpolniti, zato je potrebno poiskati optimalno rešitev [11].

4.6.1 Obstoječa stabilizacija točk

V referenčni mreži so referenčne točke stabilizirane na klasični način z betonskimi stebri v obliki kvadra oziroma trapezoida (slika 14). So različnih višin, približno od 1 m do 1,5 m, njihova širina znaša približno 40 cm. Gornjo ploskev stebra predstavlja nerjavna kovinska plošča, ki omogoča prisilno centriranje instrumenta in reflektorja. Referenčne točke signaliziramo s preciznimi reflektorji (GPH1P).



Slika 14: Stabilizacija in signalizacija referenčne točke

Kontrolne točke so stabilizirane s talno stabilizacijo s klinom v betonsko podlago, kamor privijemo podnožje z nastavkom za reflektor z možnostjo horizontiranja (slika 15). Ta način stabilizacije omogoča prisilno centriranje reflektorja. Kontrolne točke signaliziramo z mini reflektorji (GMP101).



Slika 15: Stabilizacija in signalizacija kontrolne točke

V obdobju po zadnjih geodetskih meritvah je prišlo do poškodbe opazovalnega referenčnega stebra O5. Na sliki 16 vidimo, da je zgornji del stebra okrušen zaradi udarca, kar je posledica gradbenih del, ki so se izvajala v okolici stebra. Steber se je zato lahko lokalno nagnil in premaknil in obstaja možnost, da se je spremenila tudi koordinata točke. Problem predstavlja predvsem to, da ta referenčna točka definira geodetski datum v mreži. S premikom točke pa geodetski datum v geodetski mreži ni več enolično določen, zato se pojavi potreba po določitvi novega geodetskega datuma mreže. S premikom točke in s tem s spremembo geodetskega datuma ni več možno primerjati rezultate izravnave v različnih obdobjih oziroma ni več možno nadaljnje spremljanje premikov opazovanega objekta na enak način kot doslej. Nov geodetski datum lahko določimo na dva načina. Prvi način je, da določimo nov geodetski datum in vse pretekle meritve ponovno izravnamo z novo definiranim geodetskim datumom. Druga možnost pa je, da rezultate izravnave, izračunane na podlagi starega geodetskega datuma, transformiramo v novo definiran geodetski datum oziroma koordinatni sistem [12].

V naslednji terminski izmeri bi bilo potrebno na osnovi geodetskih meritev ugotoviti, ali je prišlo do premika referenčne točke O5. Če je do premika res prišlo, je potrebno določiti nove koordinate referenčni točki O5 ali pa določiti novo referenčno točko, ki bo definirala nov geodetski datum. Glede oddaljenosti bi bila najbolj primerna referenčna točka O2, vendar so pretekle meritve pokazale, da ta točka ni najbolj stabilna, saj se premika proti iztočnemu kanalu. Referenčna točka O7 in nova točka O6N sta preblizu opazovanega objekta, zato tudi ti dve točki nista primerni, da bi določali geodetski datum. Najprimerneje bi bilo, da bi ob sodelovanju geologa določili novo primerno mesto za postavitev novega opazovalnega stebra, ki bo skupaj s stebrom O1 definiral nov geodetski datum.



Slika 16: Poškodovan opazovalni steber O5

4.6.2 Predlagana stabilizacija nove referenčne točke O6N

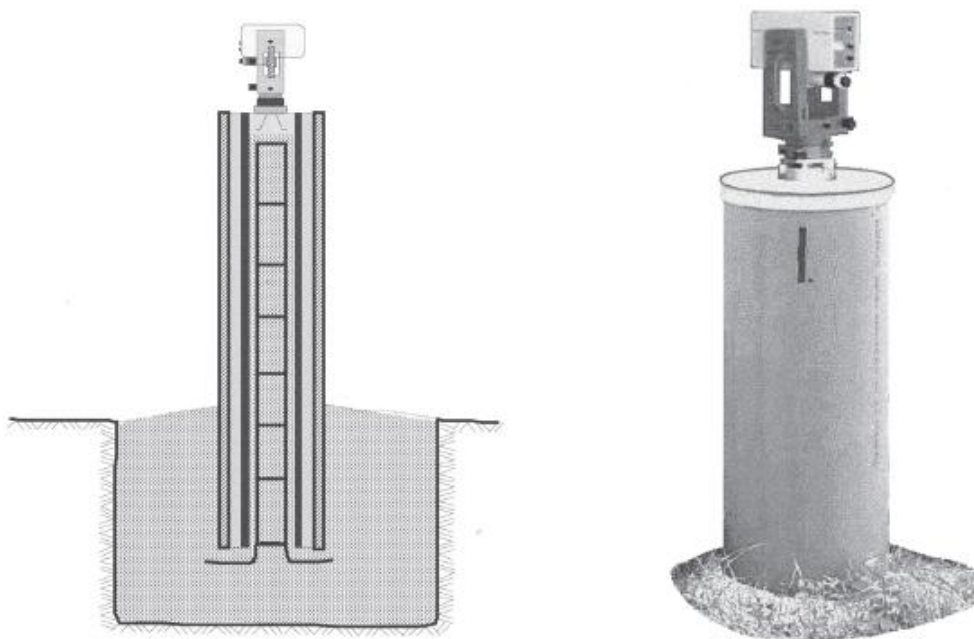
Za določanje premikov in deformacij objekta je potrebna optimalna stabilizacija referenčnih točk. V praksi poznamo tri različne načine stabilizacije referenčnih točk:

- stabilizacija z betonskim stebrom,
- talna stabilizacija z uporabo prenosljivih kovinskih stebrov,
- talna stabilizacija z ekscentričnim stojiščem.

Ker moramo v mikro-mreži Markovci sanirati oziroma na novo vzpostaviti samo en referenčni steber, lahko za stabilizacijo referenčne točke v dani mreži uporabimo samo prva dva načina. Tretji način stabilizacije je uporaben takrat, kadar na novo vzpostavljamo geodetsko mrežo za namen določanja premikov zgrajenega objekta. V primeru mreže Markovci bi bilo zaradi primerljivosti smiselno ohraniti obstoječi način stabilizacije z betonskimi stebri.

4.6.2.1 Stabilizacija z betonskim stebrom

Referenčno točko lahko stabiliziramo z okroglim armirano betonskim stebrom (slika 17), premera od 30 cm do 40 cm, nadzemne višine od 130 cm do 150 cm. Steber je dodatno zaščiten z betonsko cevjo in vmesnim praznim prostorom, ki deluje kot temperaturni izolator. Vmesni prazni prostor predstavlja zaščito pred velikimi temperaturnimi nihanjem. Nosilec stebra je masiven, kompakten betonski temelj, katerega dimenzije so odvisne od vrste podlage. Gornjo ploskev predstavlja posebna centrirna kovinska plošča s srčnim vijakom za prisilno centriranje [11].

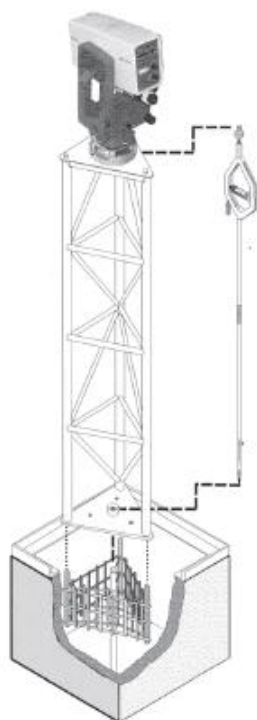


Slika 17: Stabilizacija z betonskim stebrom [11]

Ob kvalitetni izvedbi tega načina stabilizacije lahko dosežemo veliko lastno stabilnost točke. Poleg tega ta način zagotavlja tudi natančno prisilno centriranje (pogrešek manjši od 0,1 mm). Na drugi strani pa imamo tudi kar nekaj slabih lastnosti, saj steber predstavlja poseg v okolje, torej fizično oviro in je vizualno moteč. Steber ima stalno višino in pri izgradnji zahteva večje materialne stroške in stroške izdelave stabilizacije. Iz geodetskega vidika pa je problem predvsem v tem, da obstaja možnost lokalnega premika in nagiba stebra, kar se odraža kot premik točke [11].

4.6.2.2 Talna stabilizacija z uporabo prenosljivih kovinskih stebrov

Osnova za talno stabilizacijo z uporabo prenosljivih kovinskih stebrov predstavlja švicarski način (slika 18). Temeljena talna stabilizacija ima sistem za prisilno centriranje stativa in preciznega togega grezila, kamor z vijaki pritrdimo steber kovinske palične konstrukcije, katerega višina meri približno 150 cm. S cevno libelo na togem grezilu ga postavimo približno vertikalno. Podnožna plošča, na katero prisilno centriramo instrument, je vpeta na precizno togo grezilo, ki je s spodnjim koncem prisilno centriran na center talne stabilizacije [11].



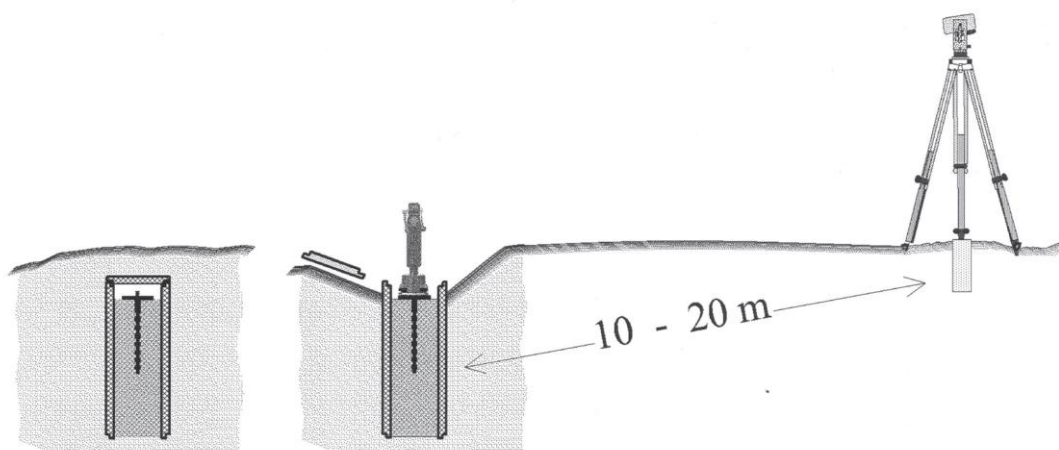
Slika 18: Talna stabilizacija z uporabo prenosljivih kovinskih stebrov [11]

Dobra lastnost tega načina je stabilnost točke. Izognemo se nekaterim slabostim, ki jih ima stabilizacija z betonskim stebrom. Sama izdelava je enostavnejša in cenejša, možnosti nagiba ni in točka ne predstavlja ovire v okolju, saj poseben kovinski stativ po končanih meritvah odstranimo. Slabo lastnost pa predstavlja konstantna višina stativa in nekoliko slabše prisilno centriranje [11].

Oba načina stabilizacije imata določene prednosti in slabosti. Drugi način ima več prednosti pred prvim načinom, vendar ima manjšo natančnost centriranja. Kljub nekaterim prednostim, ki jih ima drugi način, bi bilo najbolje v obravnavani mreži uporabiti prvi način, stabilizacijo z betonskim stebrom, saj so tako stabilizirane tudi preostale štiri obstoječe referenčne točke. Namesto okroglega betonskega stebra je priporočljivo uporabiti steber v obliki trapezoida, saj imajo takšno obliko tudi preostali štirje referenčni stebri. Steber na mestu postavitve ne predstavlja ovire v okolju.

4.6.2.3 Talna stabilizacija z ekscentričnim stojiščem

Talna stabilizacija z ekscentričnim stojiščem (slika 19) je kombinacijo zgornjih dveh načinov stabilizacije. Na merske točke, katere premike ugotovljamo, centriramo reflektor s pomočjo preciznega centriranja. Na ekscentričnih stojiščih, ki so od centra merske točke oddaljene od 10 m do 20 m, pa opravljamo meritve. Stabilizacijo merskih točk predstavlja betonska cev z zunanjim premerom $\Phi = 0,25$ m in dolžine 1 m, ki jo spustimo v izvrtano luknjo enakega premera. Cev zalijemo z betonom in vgradimo nastavek za prisilno centriranje ter jo zaščitimo s pokrovom. Ta način stabilizacije merskih točk je dokaj enostaven in poceni. Talno stabilizacijo ekscentričnih stojišč predstavlja betonski kvader z vgrajenim čepom. Nad to stojišče postavimo stativ z instrumentom, ki ga centriramo in horizontiramo. Stativ mora biti med merjenjem stabilen [11].



Slika 19: Talna stabilizacija merske točke z ekscentričnim stojščem [11]

S tem načinom stabilizacije odpravimo določene pomanjkljivosti predhodnih dveh načinov. Prednost tega načina je hitra in enostavna stabilizacija, točka je vizualno nemoteča za okolico, zagotovljeno je prisilno centriranje in poljubna nastavitev višine instrumenta. Slabost pa predstavlja velika natančnost izmere elementov ekscentricitete in s tem slabša natančnost centriranja [11].

5 ZAKLJUČEK

Zaradi izgradnje MHE v Markovcih je sanacija terestrične mikro-mreže na jezu Markovci potrebna in v dani diplomski nalogi pomeni vzpostavitev novega opazovalnega stebra. Na podlagi opravljenih simulacij oziroma analiz izravnav se opredelimo do hipotez, ki smo jih zapisali v uvodu.

Trditev, da geodetska mikro-mreža Markovci brez referenčnega stebra O6 ne zagotavlja ustrezne geometrije za ugotavljanje stabilnosti pregradnega objekta, deloma drži deloma ne. Z instrumentom precizne natančnosti dobimo v geodetski mikro-mreži brez referenčne točke O6 enako položajno natančnost kot v mreži, ki vsebuje referenčno točko O6. Predvidevamo, da je to veliki meri posledica preciznih meritev. Iz vidika zanesljivosti mreže vseeno priporočamo vzpostavitev nadomestnega stebra tudi pri precizni natančnosti.

Za meritve z instrumentom običajne natančnosti pa mikro-mreža brez referenčnega stebra O6 ne zagotavlja več ustrezne geometrije za ugotavljanje stabilnosti pregradnega objekta, saj odstranjen opazovalni steber pomeni slabšo položajno natančnost točk. Geometrija mreže pri precizni natančnosti nima tolikšnega vpliva na položajno natančnost točk v mreži, medtem ko pri običajni natančnosti geometrijske lastnosti mreže odločilno vplivajo na določitev natančnosti položaja točk mreže. Zaključimo, da z instrumentom precizne natančnosti ob dovolj velikem številu ponovitev do neke mere kompenziramo manjše pomanjkljivosti v geometriji mreže.

Trditev, da je v neposredni bližini MHE mogoče vzpostaviti nadomestno referenčno točko O6N, ki bo zagotavljala ustrezno geometrijo za ugotavljanje stabilnosti pregradnega objekta, lahko potrdimo. Nadomestni referenčni steber smo postavili v bližino novo zgrajene MHE, kljub temu da nam je teren, na katerem je locirana mikro-mreža, predstavljal določene omejitve. Možnost postavitve novega stebra nam predstavlja ozek pas med MHE in opazovalnim stebrom O2, ki je na desni in levi strani omejen z gozdom in reko Dravo. Na podlagi analiz smo ugotovili, da je pri precizni natančnosti položajna natančnost v precejšnji meri neodvisna od mesta postavitve novega referenčnega stebra, medtem ko pri običajni natančnosti mesto postavitve stebra vpliva na položajno natančnost, in se slabša s približevanjem MHE. Kljub tej ugotovitvi, opazovalni steber postavimo v bližino MHE, saj s tem dosežemo optimalno geometrijo in simetrijo mreže in zagotovimo potrebne kriterije načrtovanja geodetskih mrež.

Trditev, da vključitev dodatnih meritev iz vseh referenčnih točk na kontrolne točke bistveno izboljša natančnost določitev položajev točk v mikro-mreži Markovci, deloma drži deloma ne. Pri precizni natančnosti vključitev dodatnih opazovanj iz vseh petih referenčnih točk na kontrolne točke in dodatna opazovanja dolžin med opazovalnimi stebri bistveno ne izboljšajo položajne natančnosti točk v mreži, medtem ko pri običajni natančnosti dodatna opazovanja znatno izboljšajo natančnost določitev položajev točk v mreži. V vsakem primeru dobimo z dodatnimi meritvami boljšo položajno natančnost in zanesljivost referenčnih in kontrolnih točk. Kljub temu da pri običajni natančnosti s povečanjem števila nadštevilnih meritev izboljšamo položajno natančnost točk, bi z instrumentom običajne natančnosti zelo težko dosegli zahtevano položajno natančnost naročnika. Da zagotovimo zahtevano natančnost naročnika, je dovolj, da meritve izvajamo iz treh referenčnih stebrov z instrumentom precizne natančnosti. Podobno, kot smo ugotovili v primeru geometrije mreže, imajo pri običajni natančnosti nadštevilne meritve večji vpliv na določitev položajne natančnosti točk. Zaključimo lahko, da je pri običajni natančnosti potrebno bistveno več pozornosti nameniti optimalni geometriji v mreži in planiranju opazovanj za zagotovitev ustrezne natančnosti naročnika.

Do zgoraj naštetih ugotovitev pridemo na podlagi simulacij opazovanj. Simulirana opazovanja se nekoliko razlikujejo od dejanskih meritev, saj z njimi ni mogoče predvideti določenih vplivov, ki so

prisotni na samem terenu. Kljub temu so simulacije uporabno orodje za projektiranje geodetskih mrež, saj se na podlagi njih odločimo za ustrezno mersko opremo in metodo izmere, s čimer lažje pridobimo zahtevano natančnost naročnika. Za doseganje visoke natančnosti instrument običajne natančnosti ni ustrezen za meritve v nobeni obravnavani mreži, saj s simulacijami ugotovimo, da s takšnim instrumentom ne moremo doseči natančnosti, ki jo zahteva naročnik, kljub temu da po priporočilih za geotehnična opazovanja izpolnjuje kriterije natančnosti za meritve v preciznih mikro-mrežah. Instrument precizne natančnosti je primeren za merjenje v kombiniranih mrežah, medtem ko njegovo uporabo za ugotavljanje deformacij izključno z metodo triangulacije ali trilateracije ne priporočamo.

Ustrezna metoda izmere in precizna merska oprema sta pomembni v fazi izvajanja meritev, zato je potrebno meritve izvajati v skladu s smernicami za kakovostna geotehnična opazovanja, ki natančno podajajo navodila za njihovo izvajanje. Z izpolnjevanjem smernic za kakovostne tehnične meritve pridobimo zanesljive rezultate in izpolnimo naročnikove zahteve. Neizpolnjevanje smernic imajo lahko, predvsem z vidika zagotavljanja varnosti prebivalcev in delovanja jezovne zgradbe, hude posledice.

VIRI

Uporabljeni viri

- [1] Dravske elektrarne Maribor. 2012.
<http://www.dem.si/slo/> (Pridobljeno 5. 7. 2012.)
- [2] Rijavec, P. (ur.). 2011. Mala hidroelektrarna Markovci, od zasnove do izvedbe. Energija 59: 7.
<http://issuu.com/holding-slovenske-elektrarne/docs/energija-marec-2011> (Pridobljeno 5. 7. 2012.)
- [3] Savšek, S., Kogoj, D., Marjetič, A., Jaklič, S., Stegenšek, B., Mencin, A. 2011. 58. izmera HC Formin in jezovne zgradbe v Markovcih. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za geodezijo: 55 str.
- [4] Bogatin, S., Kogoj, D. 2006. Pregled modelov vrednotenja geodetskih kontrolnih meritev. Geodetski vestnik 50, 2: 201-210.
- [5] Savšek, S., Ambrožič, T., Kogoj, D., Koler, B., Sterle, O., Stopar, B. 2010. Geodezija v geotehniki. Geodetski vestnik 54, 1: 31-45.
- [6] Koler, B., Savšek, S., Ambrožič, T., Sterle, O., Stopar, B., Kogoj, D. 2010. Realizacija geodezije v geotehniki. Geodetski vestnik 54, 3: 450-468.
- [7] Ambrožič, T., Turk, G. 2000. Analiza natančnosti določitve koordinat točk v ravninski mreži z metodo Monte Carlo. Geodetski vestnik 44, 1&2: 11-22.
- [8] Ambrožič, T., Turk, G. 2004. SOM ver.2.0 sep. 04. Ljubljana, UL FGG.
- [9] Ambrožič, T., Turk, G., Jamšek, Z. 2005. GEM4 ver.4.0. Ljubljana, UL FGG.
- [10] Lun, M. 2004. Projekt in izmera prenovljene mikromreže Formin. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Lun): 115 str.
- [11] Vodopivec, F., Kogoj, D. 2005. Nov način precizne stabilizacije geodetskih točk za opazovanje premikov. Geodetski vestnik 49, 1: 9-17.
- [12] Marjetič, A., Stopar, B. 2007. Geodetski datum in S-transformacija. Geodetski vestnik 51, 3: 549-564.

Ostali viri

Kogoj, D. 2010/2011. Zapiski pri predmetu Precizna klasična geodetska izmera.

Kaligarič, S. 2003. Drava – zelena oaza. Zgibanka: str. 4.

Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera. Strokovni izpiti: 36 str.

<http://www.izs.si/strokovni-izpiti/po-zakonu-o-geodetski-dejavnosti-geodetska-stroka/izpitni-program/> (Pridobljeno 5. 7. 2012.)

Ta stran je namenoma prazna.

SEZNAM PRILOG

- Priloga A:** REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE Z OPAZOVALNIM STEBROM O6 ZA PRECIZNO NATANČNOST
- Priloga B:** REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE BREZ OPAZOVALNEGA STEBRA O6 ZA PRECIZNO NATANČNOST
- Priloga C:** REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE Z NOVIM OPAZOVALNIM STEBROM O6N ZA PRECIZNO NATANČNOST
- Priloga D:** REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE Z NOVIM OPAZOVALNIM STEBROM O6N Z DODATNIMI OPAZOVANJI NA KONTROLNE TOČKE ZA PRECIZNO NATANČNOST
- Priloga E:** REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANIH OPAZOVANJ NAMENJENIH ZA PRIMERJAVO Z DEJANSKIMI MERITVAMI
- Priloga F:** REZULTATI IZRAVNAVE DEJANSKIH MERITEV V MIKRO-MREŽI

Ta stran je namenoma prazna.

Priloga A: REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE Z OPAZOVALNIM STEBROM O6 ZA PRECIZNO NATANČNOST

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

Datum : 6.7.2012
Čas : 19:48

Ime datoteke s podatki:	1.pod
Ime datoteke za rezultate:	1.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	1.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	1.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	1.koo
Ime datoteke z utežmi:	1.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	1.str
Ime datoteke za ProTra:	1.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	1.sll
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	1.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	1.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	1.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	1.pvv

Seznam koordinat DANIH točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
05	1011.2688	824.1240
01	1199.2834	908.5911

vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
02	1005.9231	854.6275
07	1212.5065	1000.0042
06	1000.0140	999.9849
H1	1021.4369	1007.8936
H2	1040.9183	1008.7863
H3	1061.8790	1009.7668
H4	1082.8594	1010.7439
H5	1103.7994	1011.7457
H6	1124.7915	1012.7822
H7	1144.0921	1013.7169

vseh novih točk je : 10

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	01	02	254 24 23.9	0.000	1.00	1
2	01	05	245 48 27.1	0.000	1.00	1
3	01	07	8 13 51.2	0.000	1.00	1
4	01	06	294 38 18.0	0.000	1.00	1
5	01	H1	299 10 38.3	0.000	1.00	1
6	01	H2	302 19 16.0	0.000	1.00	1
7	01	H3	306 21 55.7	0.000	1.00	1
8	01	H4	311 15 52.0	0.000	1.00	1
9	01	H5	317 12 41.5	0.000	1.00	1

10	01	H6	324	26	13.3	0.000	1.00	1
11	01	H7	332	18	1.4	0.000	1.00	1
12	02	05	170	3	36.0	0.000	1.00	1
13	02	01	74	24	22.6	0.000	1.00	1
14	02	07	54	51	55.0	0.000	1.00	1
15	02	06	357	40	19.5	0.000	1.00	1
16	02	H1	5	46	46.7	0.000	1.00	1
17	02	H2	12	47	23.3	0.000	1.00	1
18	02	H3	19	49	59.4	0.000	1.00	1
19	02	H4	26	14	5.4	0.000	1.00	1
20	02	H5	31	55	15.0	0.000	1.00	1
21	02	H6	36	55	42.4	0.000	1.00	1
22	02	H7	40	58	27.1	0.000	1.00	1
23	05	01	65	48	27.3	0.000	1.00	1
24	05	02	350	3	35.5	0.000	1.00	1
25	05	07	48	50	48.3	0.000	1.00	1
26	05	H1	3	10	1.8	0.000	1.00	1
27	05	H2	9	7	18.6	0.000	1.00	1
28	05	H3	15	14	57.7	0.000	1.00	1
29	05	H4	20	59	15.7	0.000	1.00	1
30	05	H5	26	15	5.5	0.000	1.00	1
31	05	H6	31	2	13.1	0.000	1.00	1
32	05	H7	35	0	50.5	0.000	1.00	1
33	07	01	188	13	51.2	0.000	1.00	1
34	07	05	228	50	48.1	0.000	1.00	1
35	07	02	234	51	54.0	0.000	1.00	1
36	07	06	269	59	41.6	0.000	1.00	1
37	06	07	89	59	42.0	0.000	1.00	1
38	06	01	114	38	18.1	0.000	1.00	1
39	06	02	177	40	19.4	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
40	01	07	92.3653	0.0000	1.08
41	01	H1	203.6914	0.0000	0.49
42	01	H2	187.3988	0.0000	0.53
43	01	H3	170.6362	0.0000	0.59
44	01	H4	154.8864	0.0000	0.65
45	01	H5	140.5633	0.0000	0.71
46	01	H6	128.0815	0.0000	0.78
47	01	H7	118.7324	0.0000	0.84
48	02	05	30.9682	0.0000	3.23
49	02	06	145.4778	0.0000	0.69
50	02	H1	154.0487	0.0000	0.65
51	02	H2	158.0810	0.0000	0.63
52	02	H3	164.9218	0.0000	0.61
53	02	H4	174.0447	0.0000	0.58
54	02	H5	185.1111	0.0000	0.54
55	02	H6	197.8438	0.0000	0.51
56	02	H7	210.7124	0.0000	0.48
57	05	02	30.9690	0.0000	3.23
58	05	H1	184.0510	0.0000	0.54
59	05	H2	187.0278	0.0000	0.54
60	05	H3	192.4172	0.0000	0.52
61	05	H4	199.8795	0.0000	0.50
62	05	H5	209.1979	0.0000	0.48
63	05	H6	220.1807	0.0000	0.45
64	05	H7	231.4892	0.0000	0.43
65	07	01	92.3645	0.0000	1.08
66	07	06	212.4929	0.0000	0.47
67	06	07	212.4922	0.0000	0.47
68	06	02	145.4776	0.0000	0.69

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.623 mm.

Število enačb popravkov je 68

- število enačb popravkov za smeri je 39

- Število enačb popravkov za dolžine je 29
 Število neznank je 25
 - Število koordinatnih neznank je 20
 - Število orientacijskih neznank je 5
 Število nadštevilnih opazovanj je 43

POPRAVKI približnih vrednosti

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O2	0.0000	0.0002	0.3
O7	0.0001	0.0000	0.3
O6	0.0001	0.0006	0.4
H1	0.0001	0.0000	
H2	0.0006	0.0003	
H3	-0.0005	0.0001	
H4	0.0003	-0.0001	
H5	0.0005	-0.0001	
H6	0.0003	-0.0002	
H7	0.0000	-0.0003	
O1			0.2
O5			0.2

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O2	1005.9231	854.6277	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	174
O7	1212.5066	1000.0042	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	180
O6	1000.0141	999.9855	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	30
H1	1021.4370	1007.8936	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	5
H2	1040.9189	1008.7866	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	9
H3	1061.8785	1009.7669	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	12
H4	1082.8597	1010.7438	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	4
H5	1103.7999	1011.7456	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	158
H6	1124.7918	1012.7820	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	153
H7	1144.0921	1013.7166	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	158

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.74156.
 [pvv] = 23.6459033185
 [xx] vseh neznank = 0.3829302316
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0000016874
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00010.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 0.3708 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.4621 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.

Dana točka:	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Orientacijski kot =	Popravek	Dolžina
O2	1	1.00	254 24 23.9	254 24 23.9	254 24 23.5	0	-0.4	200.749
O5	1	1.00	245 48 27.1	245 48 27.1	245 48 27.4	0	0.3	206.117

01	H7	0.842	118.7324	118.7324	118.7326	0.0002	118.7326
02	O5	3.229	30.9682	30.9682	30.9686	0.0004	30.9686
02	O6	0.687	145.4778	145.4778	145.4778	0.0000	145.4778
02	H1	0.649	154.0487	154.0487	154.0491	0.0004	154.0491
02	H2	0.633	158.0810	158.0810	158.0812	0.0002	158.0812
02	H3	0.606	164.9218	164.9218	164.9217	-0.0001	164.9217
02	H4	0.575	174.0447	174.0447	174.0444	-0.0003	174.0444
02	H5	0.540	185.1111	185.1111	185.1105	-0.0006	185.1105
02	H6	0.505	197.8438	197.8438	197.8447	0.0009	197.8447
02	H7	0.475	210.7124	210.7124	210.7129	0.0005	210.7129
05	O2	3.229	30.9690	30.9690	30.9686	-0.0004	30.9686
05	H1	0.543	184.0510	184.0510	184.0507	-0.0003	184.0507
05	H2	0.535	187.0278	187.0278	187.0278	0.0000	187.0278
05	H3	0.520	192.4172	192.4172	192.4178	0.0006	192.4178
05	H4	0.500	199.8795	199.8795	199.8804	0.0009	199.8804
05	H5	0.478	209.1979	209.1979	209.1982	0.0003	209.1982
05	H6	0.454	220.1807	220.1807	220.1802	-0.0005	220.1802
05	H7	0.432	231.4892	231.4892	231.4895	0.0003	231.4895
07	O1	1.083	92.3645	92.3645	92.3646	0.0001	92.3646
07	O6	0.471	212.4929	212.4929	212.4926	-0.0003	212.4926
06	O7	0.471	212.4922	212.4922	212.4926	0.0004	212.4926
06	O2	0.687	145.4776	145.4776	145.4778	0.0002	145.4778

Ta stran je namenoma prazna.

Priloga B: REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE BREZ OPAZOVALNEGA STEBRA O6 ZA PRECIZNO NATANČNOST

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

Datum : 17.7.2012
Čas : 00:37

Ime datoteke s podatki:	6.pod
Ime datoteke za rezultate:	6.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	6.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	6.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	6.koo
Ime datoteke z utežmi:	6.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	6.str
Ime datoteke za ProTra:	6.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	6.sll
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	6.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	6.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	6.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	6.pvv

Seznam koordinat DANIH točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
05	1011.2688	824.1240
01	1199.2834	908.5911

vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
O2	1005.9231	854.6275
O7	1212.5065	1000.0042
H1	1021.4369	1007.8936
H2	1040.9183	1008.7863
H3	1061.8790	1009.7668
H4	1082.8594	1010.7439
H5	1103.7994	1011.7457
H6	1124.7915	1012.7822
H7	1144.0921	1013.7169

vseh novih točk je : 9

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	01	02	254 24 23.90	0.000	1.00	1
2	01	05	245 48 27.10	0.000	1.00	1
3	01	07	8 13 51.20	0.000	1.00	1
4	01	H1	299 10 38.40	0.000	1.00	1
5	01	H2	302 19 15.40	0.000	1.00	1
6	01	H3	306 21 56.60	0.000	1.00	1
7	01	H4	311 15 51.60	0.000	1.00	1
8	01	H5	317 12 41.40	0.000	1.00	1
9	01	H6	324 26 13.40	0.000	1.00	1
10	01	H7	332 18 1.70	0.000	1.00	1

11	02	05	170	3	35.60	0.000	1.00	1
12	02	01	74	24	23.60	0.000	1.00	1
13	02	07	54	51	54.10	0.000	1.00	1
14	02	H1	5	46	47.70	0.000	1.00	1
15	02	H2	12	47	23.40	0.000	1.00	1
16	02	H3	19	49	59.50	0.000	1.00	1
17	02	H4	26	14	5.00	0.000	1.00	1
18	02	H5	31	55	13.60	0.000	1.00	1
19	02	H6	36	55	42.60	0.000	1.00	1
20	02	H7	40	58	27.90	0.000	1.00	1
21	05	01	65	48	27.60	0.000	1.00	1
22	05	02	350	3	35.40	0.000	1.00	1
23	05	07	48	50	48.30	0.000	1.00	1
24	05	H1	3	10	0.90	0.000	1.00	1
25	05	H2	9	7	17.60	0.000	1.00	1
26	05	H3	15	14	58.80	0.000	1.00	1
27	05	H4	20	59	16.50	0.000	1.00	1
28	05	H5	26	15	4.70	0.000	1.00	1
29	05	H6	31	2	13.00	0.000	1.00	1
30	05	H7	35	0	50.60	0.000	1.00	1
31	07	01	188	13	51.40	0.000	1.00	1
32	07	05	228	50	48.70	0.000	1.00	1
33	07	02	234	51	54.80	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
34	01	07	92.3653	0.0000	1.08
35	01	H1	203.6918	0.0000	0.49
36	01	H2	187.3990	0.0000	0.53
37	01	H3	170.6348	0.0000	0.59
38	01	H4	154.8869	0.0000	0.65
39	01	H5	140.5636	0.0000	0.71
40	01	H6	128.0812	0.0000	0.78
41	01	H7	118.7331	0.0000	0.84
42	02	05	30.9678	0.0000	3.23
43	02	07	252.6087	0.0000	0.40
44	02	H1	154.0495	0.0000	0.65
45	02	H2	158.0813	0.0000	0.63
46	02	H3	164.9214	0.0000	0.61
47	02	H4	174.0446	0.0000	0.58
48	02	H5	185.1103	0.0000	0.54
49	02	H6	197.8450	0.0000	0.51
50	02	H7	210.7140	0.0000	0.48
51	05	02	30.9675	0.0000	3.23
52	05	H1	184.0513	0.0000	0.54
53	05	H2	187.0277	0.0000	0.54
54	05	H3	192.4181	0.0000	0.52
55	05	H4	199.8808	0.0000	0.50
56	05	H5	209.1974	0.0000	0.48
57	05	H6	220.1793	0.0000	0.45
58	05	H7	231.4896	0.0000	0.43
59	07	01	92.3650	0.0000	1.08
60	07	02	252.6085	0.0000	0.40

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.623 mm.

Število enačb popravkov je 60
 - Število enačb popravkov za smeri je 33
 - Število enačb popravkov za dolžine je 27
 Število neznank je 22
 - Število koordinatnih neznank je 18
 - Število orientacijskih neznank je 4
 Število nadštevilnih opazovanj je 38

POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O2	0.0000	-0.0004	-0.4
O7	-0.0001	0.0006	-0.6
H1	-0.0002	0.0000	
H2	-0.0002	-0.0002	
H3	-0.0001	0.0000	
H4	-0.0001	-0.0003	
H5	-0.0007	0.0002	
H6	0.0000	-0.0003	
H7	0.0000	-0.0002	
O1			-0.3
O5			-0.2

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O2	1005.9231	854.6271	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	174
O7	1212.5064	1000.0048	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	1
H1	1021.4367	1007.8936	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	4
H2	1040.9181	1008.7861	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	9
H3	1061.8789	1009.7668	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	12
H4	1082.8593	1010.7436	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	4
H5	1103.7987	1011.7459	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	158
H6	1124.7915	1012.7819	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	153
H7	1144.0921	1013.7167	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	158

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.78478.
 [pvv] = 23.4034381435
 [xx] vseh neznanek = 0.5683816299
 [xx] samo koordinatnih neznanek = 0.0000014327
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00011.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 0.3924 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.4891 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 0.0004 metrov.

PREGLED opazovanih SMERI

Smerni koti in dolžine so izračunani iz nezaokroženih koordinat.
 Smeri in smerni koti so izpisani v stopinjah.

Dana točka: O1		Y =	1199.2834	X =	908.5911	Orientacijski kot = 359 59 59.54	
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
O2	1	1.00	254 24 23.90	254 24 23.44	254 24 22.89	-0.55	200.749
O5	1	1.00	245 48 27.10	245 48 26.64	245 48 27.39	0.75	206.117
O7	1	1.00	8 13 51.20	8 13 50.74	8 13 50.63	-0.11	92.365
H1	1	1.00	299 10 38.40	299 10 37.94	299 10 38.07	0.13	203.692
H2	1	1.00	302 19 15.40	302 19 14.94	302 19 15.05	0.11	187.400
H3	1	1.00	306 21 56.60	306 21 56.14	306 21 55.83	-0.31	170.636
H4	1	1.00	311 15 51.60	311 15 51.14	311 15 51.39	0.25	154.886
H5	1	1.00	317 12 41.40	317 12 40.94	317 12 40.68	-0.26	140.564
H6	1	1.00	324 26 13.40	324 26 12.94	324 26 12.81	-0.13	128.081
H7	1	1.00	332 18 1.70	332 18 1.24	332 18 1.37	0.13	118.733
Nova točka: O2		Y =	1005.9231	X =	854.6271	Orientacijski kot = 359 59 59.71	
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina

Priloga C: REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE Z NOVIM OPAZOVALNIM STEBROM O6N ZA PRECIZNO NATANČNOST

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

Datum : 13.7.2012
Čas : 13:57

Ime datoteke s podatki:	1.pod
Ime datoteke za rezultate:	1.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	1.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	1.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	1.koo
Ime datoteke z utežmi:	1.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	1.str
Ime datoteke za ProTra:	1.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	1.sll
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	1.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	1.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	1.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	1.pvv

Seznam koordinat DANIH točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
05	1011.2688	824.1240
01	1199.2834	908.5911

vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
O2	1005.9231	854.6275
O7	1212.5065	1000.0042
O6N	1006.8587	958.2296
H1	1021.4369	1007.8936
H2	1040.9183	1008.7863
H3	1061.8790	1009.7668
H4	1082.8594	1010.7439
H5	1103.7994	1011.7457
H6	1124.7915	1012.7822
H7	1144.0921	1013.7169

vseh novih točk je : 10

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	01	02	254 24 23.90	0.000	1.00	1
2	01	05	245 48 27.10	0.000	1.00	1
3	01	07	8 13 51.20	0.000	1.00	1
4	01	O6N	284 27 53.70	0.000	1.00	1
5	01	H1	299 10 38.30	0.000	1.00	1
6	01	H2	302 19 16.00	0.000	1.00	1
7	01	H3	306 21 55.70	0.000	1.00	1
8	01	H4	311 15 52.00	0.000	1.00	1
9	01	H5	317 12 41.50	0.000	1.00	1

10	01	H6	324	26	13.30	0.000	1.00	1
11	01	H7	332	18	1.40	0.000	1.00	1
12	02	O5	170	3	36.00	0.000	1.00	1
13	02	O1	74	24	22.60	0.000	1.00	1
14	02	O7	54	51	55.00	0.000	1.00	1
15	02	O6N	0	31	2.70	0.000	1.00	1
16	02	H1	5	46	46.70	0.000	1.00	1
17	02	H2	12	47	23.30	0.000	1.00	1
18	02	H3	19	49	59.40	0.000	1.00	1
19	02	H4	26	14	5.40	0.000	1.00	1
20	02	H5	31	55	15.00	0.000	1.00	1
21	02	H6	36	55	42.40	0.000	1.00	1
22	02	H7	40	58	27.10	0.000	1.00	1
23	05	O1	65	48	27.30	0.000	1.00	1
24	05	O2	350	3	35.50	0.000	1.00	1
25	05	O7	48	50	48.30	0.000	1.00	1
26	05	H1	3	10	1.80	0.000	1.00	1
27	05	H2	9	7	18.60	0.000	1.00	1
28	05	H3	15	14	57.70	0.000	1.00	1
29	05	H4	20	59	15.70	0.000	1.00	1
30	05	H5	26	15	5.50	0.000	1.00	1
31	05	H6	31	2	13.10	0.000	1.00	1
32	05	H7	35	0	50.50	0.000	1.00	1
33	07	O1	188	13	51.20	0.000	1.00	1
34	07	O5	228	50	48.10	0.000	1.00	1
35	07	O2	234	51	54.00	0.000	1.00	1
36	07	O6N	258	31	2.90	0.000	1.00	1
37	O6N	O7	78	31	3.30	0.000	1.00	1
38	O6N	O1	104	27	53.80	0.000	1.00	1
39	O6N	O2	180	31	2.50	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
40	01	O7	92.3653	0.0000	1.08
41	01	H1	203.6914	0.0000	0.49
42	01	H2	187.3988	0.0000	0.53
43	01	H3	170.6362	0.0000	0.59
44	01	H4	154.8864	0.0000	0.65
45	01	H5	140.5633	0.0000	0.71
46	01	H6	128.0815	0.0000	0.78
47	01	H7	118.7324	0.0000	0.84
48	02	O5	30.9682	0.0000	3.23
49	02	O6N	103.6067	0.0000	0.97
50	02	H1	154.0487	0.0000	0.65
51	02	H2	158.0810	0.0000	0.63
52	02	H3	164.9218	0.0000	0.61
53	02	H4	174.0447	0.0000	0.58
54	02	H5	185.1111	0.0000	0.54
55	02	H6	197.8438	0.0000	0.51
56	02	H7	210.7124	0.0000	0.48
57	05	O2	30.9690	0.0000	3.23
58	05	H1	184.0510	0.0000	0.54
59	05	H2	187.0278	0.0000	0.54
60	05	H3	192.4172	0.0000	0.52
61	05	H4	199.8795	0.0000	0.50
62	05	H5	209.1979	0.0000	0.48
63	05	H6	220.1807	0.0000	0.45
64	05	H7	231.4892	0.0000	0.43
65	07	O1	92.3645	0.0000	1.08
66	07	O6N	209.8483	0.0000	0.48
67	O6N	O7	209.8476	0.0000	0.48
68	O6N	O2	103.6065	0.0000	0.97

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.623 mm.

Število enačb popravkov je 68
- število enačb popravkov za smeri je 39

- Število enačb popravkov za dolžine je 29
 Število neznank je 25
 - Število koordinatnih neznank je 20
 - Število orientacijskih neznank je 5
 Število nadštevilnih opazovanj je 43

POPRAVKI približnih vrednosti

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O2	0.0000	0.0002	0.3
O7	0.0002	0.0000	0.3
O6N	0.0001	0.0006	0.4
H1	0.0001	0.0000	
H2	0.0006	0.0003	
H3	-0.0005	0.0001	
H4	0.0003	-0.0001	
H5	0.0005	-0.0001	
H6	0.0003	-0.0002	
H7	0.0000	-0.0003	
O1			0.2
O5			0.2

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O2	1005.9231	854.6277	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	174
O7	1212.5067	1000.0042	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	1
O6N	1006.8588	958.2302	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	21
H1	1021.4370	1007.8936	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	4
H2	1040.9189	1008.7866	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	9
H3	1061.8785	1009.7669	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	12
H4	1082.8597	1010.7438	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	3
H5	1103.7999	1011.7456	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	158
H6	1124.7918	1012.7820	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	154
H7	1144.0921	1013.7166	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	158

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.74578.
 [pvv] = 23.9163809295
 [xx] vseh neznank = 0.4027703064
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0000016671
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00010.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 0.3729 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.4648 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.

Dana točka:	O1	Y =	1199.2834	X =	908.5911	orientacijski kot =	0	0	0.01
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
O2	1	1.00	254 24 23.90	254 24 23.91	254 24 23.55	-0.36	200.749		
O5	1	1.00	245 48 27.10	245 48 27.11	245 48 27.39	0.28	206.117		

O7	1	1.00	8	13	51.20	8	13	51.21	8	13	51.46	0.25	92.365
O6N	1	1.00	284	27	53.70	284	27	53.71	284	27	54.06	0.35	198.724
H1	1	1.00	299	10	38.30	299	10	38.31	299	10	38.25	-0.06	203.692
H2	1	1.00	302	19	16.00	302	19	16.01	302	19	15.92	-0.09	187.399
H3	1	1.00	306	21	55.70	306	21	55.71	306	21	55.61	-0.10	170.636
H4	1	1.00	311	15	52.00	311	15	52.01	311	15	51.89	-0.13	154.886
H5	1	1.00	317	12	41.50	317	12	41.51	317	12	41.61	0.10	140.563
H6	1	1.00	324	26	13.30	324	26	13.31	324	26	13.25	-0.06	128.081
H7	1	1.00	332	18	1.40	332	18	1.41	332	18	1.24	-0.17	118.733

Nova točka: O2			Y = 1005.9231			X = 854.6277			Orientacijski kot = 0		0 0.40		
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer			Orient.smer			Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
O5	1	1.00	170	3	36.00	170	3	36.40	170	3	36.03	-0.38	30.969
O1	1	1.00	74	24	22.60	74	24	23.00	74	24	23.55	0.54	200.749
O7	1	1.00	54	51	55.00	54	51	55.40	54	51	54.97	-0.43	252.609
O6N	1	1.00	0	31	2.70	0	31	3.10	0	31	2.78	-0.33	103.607
H1	1	1.00	5	46	46.70	5	46	47.10	5	46	47.68	0.58	154.049
H2	1	1.00	12	47	23.30	12	47	23.70	12	47	24.07	0.36	158.081
H3	1	1.00	19	49	59.40	19	49	59.80	19	49	59.90	0.10	164.922
H4	1	1.00	26	14	5.40	26	14	5.80	26	14	5.48	-0.32	174.044
H5	1	1.00	31	55	15.00	31	55	15.40	31	55	15.20	-0.20	185.111
H6	1	1.00	36	55	42.40	36	55	42.80	36	55	42.60	-0.20	197.845
H7	1	1.00	40	58	27.10	40	58	27.50	40	58	27.79	0.29	210.713

Dana točka: O5			Y = 1011.2688			X = 824.1240			Orientacijski kot = 0		0 0.03		
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer			Orient.smer			Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
O1	1	1.00	65	48	27.30	65	48	27.33	65	48	27.39	0.06	206.117
O2	1	1.00	350	3	35.50	350	3	35.53	350	3	36.03	0.50	30.969
O7	1	1.00	48	50	48.30	48	50	48.33	48	50	48.51	0.18	267.265
H1	1	1.00	3	10	1.80	3	10	1.83	3	10	1.25	-0.58	184.051
H2	1	1.00	9	7	18.60	9	7	18.63	9	7	18.34	-0.29	187.028
H3	1	1.00	15	14	57.70	15	14	57.73	15	14	57.59	-0.14	192.418
H4	1	1.00	20	59	15.70	20	59	15.73	20	59	15.98	0.24	199.880
H5	1	1.00	26	15	5.50	26	15	5.53	26	15	5.60	0.07	209.198
H6	1	1.00	31	2	13.10	31	2	13.13	31	2	13.13	0.00	220.180
H7	1	1.00	35	0	50.50	35	0	50.53	35	0	50.48	-0.05	231.489

Nova točka: O7			Y = 1212.5067			X = 1000.0042			Orientacijski kot = 0		0 0.45		
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer			Orient.smer			Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
O1	1	1.00	188	13	51.20	188	13	51.65	188	13	51.46	-0.19	92.365
O5	1	1.00	228	50	48.10	228	50	48.55	228	50	48.51	-0.04	267.265
O2	1	1.00	234	51	54.00	234	51	54.45	234	51	54.97	0.52	252.609
O6N	1	1.00	258	31	2.90	258	31	3.35	258	31	3.06	-0.29	209.848

Nova točka: O6N			Y = 1006.8588			X = 958.2302			Orientacijski kot = 0		0 0.10		
Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer			Orient.smer			Def. sm. kot	Popravek	Dolžina		
O7	1	1.00	78	31	3.30	78	31	3.40	78	31	3.06	-0.34	209.848
O1	1	1.00	104	27	53.80	104	27	53.90	104	27	54.06	0.16	198.724
O2	1	1.00	180	31	2.50	180	31	2.60	180	31	2.78	0.18	103.607

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.
O1	O7	1.083	92.3653	92.3653	92.3646	-0.0007	92.3646
O1	H1	0.491	203.6914	203.6914	203.6918	0.0004	203.6918
O1	H2	0.534	187.3988	187.3988	187.3992	0.0004	187.3992
O1	H3	0.586	170.6362	170.6362	170.6360	-0.0002	170.6360
O1	H4	0.646	154.8864	154.8864	154.8859	-0.0005	154.8859
O1	H5	0.711	140.5633	140.5633	140.5630	-0.0003	140.5630
O1	H6	0.781	128.0815	128.0815	128.0810	-0.0005	128.0810

01	H7	0.842	118.7324	118.7324	118.7326	0.0002	118.7326
02	O5	3.229	30.9682	30.9682	30.9686	0.0004	30.9686
02	O6N	0.965	103.6067	103.6067	103.6067	0.0000	103.6067
02	H1	0.649	154.0487	154.0487	154.0491	0.0004	154.0491
02	H2	0.633	158.0810	158.0810	158.0812	0.0002	158.0812
02	H3	0.606	164.9218	164.9218	164.9217	-0.0001	164.9217
02	H4	0.575	174.0447	174.0447	174.0444	-0.0003	174.0444
02	H5	0.540	185.1111	185.1111	185.1105	-0.0006	185.1105
02	H6	0.505	197.8438	197.8438	197.8448	0.0010	197.8448
02	H7	0.475	210.7124	210.7124	210.7129	0.0005	210.7129
05	O2	3.229	30.9690	30.9690	30.9686	-0.0004	30.9686
05	H1	0.543	184.0510	184.0510	184.0507	-0.0003	184.0507
05	H2	0.535	187.0278	187.0278	187.0278	0.0000	187.0278
05	H3	0.520	192.4172	192.4172	192.4178	0.0006	192.4178
05	H4	0.500	199.8795	199.8795	199.8804	0.0009	199.8804
05	H5	0.478	209.1979	209.1979	209.1982	0.0003	209.1982
05	H6	0.454	220.1807	220.1807	220.1802	-0.0005	220.1802
05	H7	0.432	231.4892	231.4892	231.4895	0.0003	231.4895
07	O1	1.083	92.3645	92.3645	92.3646	0.0001	92.3646
07	O6N	0.477	209.8483	209.8483	209.8479	-0.0004	209.8479
O6N	O7	0.477	209.8476	209.8476	209.8479	0.0003	209.8479
O6N	O2	0.965	103.6065	103.6065	103.6067	0.0002	103.6067

Ta stran je namenoma prazna.

Priloga D: REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANE KOMBINIRANE MREŽE Z NOVIM OPAZOVALNIM STEBROM O6N Z DODATNIMI OPAZOVANJI NA KONTROLNE TOČKE ZA PRECIZNO NATANČNOST

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

Datum : 17.7.2012
Čas : 09:29

Ime datoteke s podatki:	1.pod
Ime datoteke za rezultate:	1.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	1.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	1.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	1.koo
Ime datoteke z utežmi:	1.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	1.str
Ime datoteke za ProTra:	1.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	1.sll
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	1.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	1.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	1.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	1.pvv

Seznam koordinat DANIH točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
05	1011.2688	824.1240
01	1199.2834	908.5911

vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
O2	1005.9231	854.6275
O7	1212.5065	1000.0042
O6N	1006.8587	958.2296
H1	1021.4369	1007.8936
H2	1040.9183	1008.7863
H3	1061.8790	1009.7668
H4	1082.8594	1010.7439
H5	1103.7994	1011.7457
H6	1124.7915	1012.7822
H7	1144.0921	1013.7169

vseh novih točk je : 10

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	01	02	254 24 23.90	0.000	1.00	1
2	01	05	245 48 27.10	0.000	1.00	1
3	01	07	8 13 51.20	0.000	1.00	1
4	01	O6N	284 27 53.70	0.000	1.00	1
5	01	H1	299 10 38.30	0.000	1.00	1
6	01	H2	302 19 16.00	0.000	1.00	1
7	01	H3	306 21 55.70	0.000	1.00	1
8	01	H4	311 15 52.00	0.000	1.00	1

9	01	H5	317	12	41.50	0.000	1.00	1
10	01	H6	324	26	13.30	0.000	1.00	1
11	01	H7	332	18	1.40	0.000	1.00	1
12	02	O5	170	3	36.00	0.000	1.00	1
13	02	O1	74	24	22.60	0.000	1.00	1
14	02	O7	54	51	55.00	0.000	1.00	1
15	02	O6N	0	31	2.70	0.000	1.00	1
16	02	H1	5	46	46.70	0.000	1.00	1
17	02	H2	12	47	23.30	0.000	1.00	1
18	02	H3	19	49	59.40	0.000	1.00	1
19	02	H4	26	14	5.40	0.000	1.00	1
20	02	H5	31	55	15.00	0.000	1.00	1
21	02	H6	36	55	42.40	0.000	1.00	1
22	02	H7	40	58	27.10	0.000	1.00	1
23	05	O1	65	48	27.30	0.000	1.00	1
24	05	O2	350	3	35.50	0.000	1.00	1
25	05	O7	48	50	48.30	0.000	1.00	1
26	05	H1	3	10	1.80	0.000	1.00	1
27	05	H2	9	7	18.60	0.000	1.00	1
28	05	H3	15	14	57.70	0.000	1.00	1
29	05	H4	20	59	15.70	0.000	1.00	1
30	05	H5	26	15	5.50	0.000	1.00	1
31	05	H6	31	2	13.10	0.000	1.00	1
32	05	H7	35	0	50.50	0.000	1.00	1
33	07	O1	188	13	51.20	0.000	1.00	1
34	07	O5	228	50	48.10	0.000	1.00	1
35	07	O2	234	51	54.00	0.000	1.00	1
36	07	O6N	258	31	2.90	0.000	1.00	1
37	07	H1	272	21	52.70	0.000	1.00	1
38	07	H2	272	55	48.00	0.000	1.00	1
39	07	H3	273	42	29.80	0.000	1.00	1
40	07	H4	274	44	7.30	0.000	1.00	1
41	07	H5	276	9	52.40	0.000	1.00	1
42	07	H6	278	17	18.40	0.000	1.00	1
43	07	H7	281	20	2.60	0.000	1.00	1
44	O6N	O7	78	31	2.90	0.000	1.00	1
45	O6N	O1	104	27	51.60	0.000	1.00	1
46	O6N	O2	180	31	2.00	0.000	1.00	1
47	O6N	H1	16	21	32.00	0.000	1.00	1
48	O6N	H2	33	58	4.50	0.000	1.00	1
49	O6N	H3	46	52	19.10	0.000	1.00	1
50	O6N	H4	55	21	24.10	0.000	1.00	1
51	O6N	H5	61	5	57.30	0.000	1.00	1
52	O6N	H6	65	10	33.00	0.000	1.00	1
53	O6N	H7	67	59	6.70	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
54	01	O2	200.7491	0.0000	0.50
55	01	O7	92.3653	0.0000	1.08
56	01	O6N	198.7240	0.0000	0.50
57	01	H1	203.6914	0.0000	0.49
58	01	H2	187.3988	0.0000	0.53
59	01	H3	170.6362	0.0000	0.59
60	01	H4	154.8864	0.0000	0.65
61	01	H5	140.5633	0.0000	0.71
62	01	H6	128.0815	0.0000	0.78
63	01	H7	118.7324	0.0000	0.84
64	02	O5	30.9682	0.0000	3.23
65	02	O1	200.7494	0.0000	0.50
66	02	O7	252.6088	0.0000	0.40
67	02	O6N	103.6067	0.0000	0.97
68	02	H1	154.0487	0.0000	0.65
69	02	H2	158.0810	0.0000	0.63
70	02	H3	164.9218	0.0000	0.61
71	02	H4	174.0447	0.0000	0.58
72	02	H5	185.1111	0.0000	0.54

73	O2	H6	197.8438	0.0000	0.51
74	O2	H7	210.7124	0.0000	0.48
75	O5	O2	30.9690	0.0000	3.23
76	O5	O7	267.2651	0.0000	0.37
77	O5	H1	184.0510	0.0000	0.54
78	O5	H2	187.0278	0.0000	0.54
79	O5	H3	192.4172	0.0000	0.52
80	O5	H4	199.8795	0.0000	0.50
81	O5	H5	209.1979	0.0000	0.48
82	O5	H6	220.1807	0.0000	0.45
83	O5	H7	231.4892	0.0000	0.43
84	O7	O1	92.3645	0.0000	1.08
85	O7	O5	267.2654	0.0000	0.37
86	O7	O2	252.6089	0.0000	0.40
87	O7	O6N	209.8483	0.0000	0.48
88	O7	H1	191.2321	0.0000	0.52
89	O7	H2	171.8128	0.0000	0.58
90	O7	H3	150.9437	0.0000	0.66
91	O7	H4	130.0901	0.0000	0.77
92	O7	H5	109.3376	0.0000	0.92
93	O7	H6	88.6410	0.0000	1.13
94	O7	H7	69.7755	0.0000	1.43
95	O6N	O7	209.8486	0.0000	0.48
96	O6N	O1	198.7245	0.0000	0.50
97	O6N	O2	103.6073	0.0000	0.97
98	O6N	H1	51.7596	0.0000	1.93
99	O6N	H2	60.9592	0.0000	1.64
100	O6N	H3	75.3884	0.0000	1.33
101	O6N	H4	92.3783	0.0000	1.08
102	O6N	H5	110.7315	0.0000	0.90
103	O6N	H6	129.9395	0.0000	0.77
104	O6N	H7	148.0262	0.0000	0.68

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.623 mm.

Število enačb popravkov je 104
 - Število enačb popravkov za smeri je 53
 - Število enačb popravkov za dolžine je 51
 Število neznank je 25
 - Število koordinatnih neznank je 20
 - Število orientacijskih neznank je 5
 Število nadštevilnih opazovanj je 79

POPRAVKI približnih vrednosti

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O2	0.0000	0.0002	0.3
O7	0.0001	-0.0003	0.5
O6N	0.0000	0.0004	0.8
H1	0.0003	0.0003	
H2	0.0005	0.0003	
H3	-0.0002	0.0001	
H4	0.0003	-0.0002	
H5	0.0007	-0.0002	
H6	0.0003	0.0000	
H7	0.0001	-0.0001	
O1			0.3
O5			0.3

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O2	1005.9231	854.6277	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	174

O7	1212.5066	1000.0039	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	159
O6N	1006.8587	958.2300	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	18
H1	1021.4372	1007.8939	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	27
H2	1040.9188	1008.7866	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	39
H3	1061.8788	1009.7669	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	51
H4	1082.8597	1010.7437	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	64
H5	1103.8001	1011.7455	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	80
H6	1124.7918	1012.7822	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	95
H7	1144.0922	1013.7168	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	107

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.83779.
 [pvv] = 55.4499289111
 [xx] vseh neznank = 1.1249737605
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0000016696
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00008.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 0.4189 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.5221 milimetrov.

Največji položajni pogrešek /Mp_max/ je 0.0003 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.

Dana točka: O1 Y = 1199.2834 X = 908.5911
 Orientacijski kot = 0 0 0.09

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
O2	1	1.00	254 24 23.90	254 24 23.99	254 24 23.49	-0.50	200.749
O5	1	1.00	245 48 27.10	245 48 27.19	245 48 27.39	0.21	206.117
O7	1	1.00	8 13 51.20	8 13 51.29	8 13 51.46	0.18	92.364
O6N	1	1.00	284 27 53.70	284 27 53.79	284 27 53.85	0.06	198.724
H1	1	1.00	299 10 38.30	299 10 38.39	299 10 38.63	0.25	203.692
H2	1	1.00	302 19 16.00	302 19 16.09	302 19 15.85	-0.24	187.399
H3	1	1.00	306 21 55.70	306 21 55.79	306 21 55.87	0.08	170.636
H4	1	1.00	311 15 52.00	311 15 52.09	311 15 51.87	-0.21	154.886
H5	1	1.00	317 12 41.50	317 12 41.59	317 12 41.67	0.08	140.563
H6	1	1.00	324 26 13.30	324 26 13.39	324 26 13.44	0.05	128.081
H7	1	1.00	332 18 1.40	332 18 1.49	332 18 1.52	0.03	118.733

Nova točka: O2 Y = 1005.9231 X = 854.6277
 Orientacijski kot = 0 0 0.45

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
O5	1	1.00	170 3 36.00	170 3 36.45	170 3 36.02	-0.43	30.969
O1	1	1.00	74 24 22.60	74 24 23.05	74 24 23.49	0.44	200.749
O7	1	1.00	54 51 55.00	54 51 55.45	54 51 55.14	-0.30	252.608
O6N	1	1.00	0 31 2.70	0 31 3.15	0 31 2.73	-0.42	103.607
H1	1	1.00	5 46 46.70	5 46 47.15	5 46 47.86	0.72	154.049
H2	1	1.00	12 47 23.30	12 47 23.75	12 47 23.94	0.20	158.081
H3	1	1.00	19 49 59.40	19 49 59.85	19 50 0.22	0.38	164.922
H4	1	1.00	26 14 5.40	26 14 5.85	26 14 5.49	-0.35	174.044
H5	1	1.00	31 55 15.00	31 55 15.45	31 55 15.47	0.02	185.111
H6	1	1.00	36 55 42.40	36 55 42.85	36 55 42.45	-0.39	197.845
H7	1	1.00	40 58 27.10	40 58 27.55	40 58 27.69	0.14	210.713

Dana točka: O5 Y = 1011.2688 X = 824.1240
 Orientacijski kot = 0 0 0.11

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
O1	1	1.00	65 48 27.30	65 48 27.41	65 48 27.39	-0.02	206.117
O2	1	1.00	350 3 35.50	350 3 35.61	350 3 36.02	0.41	30.969
O7	1	1.00	48 50 48.30	48 50 48.41	48 50 48.69	0.28	267.265
H1	1	1.00	3 10 1.80	3 10 1.91	3 10 1.44	-0.47	184.051
H2	1	1.00	9 7 18.60	9 7 18.71	9 7 18.26	-0.45	187.028
H3	1	1.00	15 14 57.70	15 14 57.81	15 14 57.91	0.10	192.418
H4	1	1.00	20 59 15.70	20 59 15.81	20 59 16.02	0.21	199.880
H5	1	1.00	26 15 5.50	26 15 5.61	26 15 5.87	0.26	209.198

05	H7	0.432	231.4892	231.4892	231.4897	0.0005	231.4897
07	O1	1.083	92.3645	92.3645	92.3642	-0.0003	92.3642
07	O5	0.374	267.2654	267.2654	267.2646	-0.0008	267.2646
07	O2	0.396	252.6089	252.6089	252.6084	-0.0005	252.6084
07	O6N	0.477	209.8483	209.8483	209.8478	-0.0005	209.8478
07	H1	0.523	191.2321	191.2321	191.2323	0.0002	191.2323
07	H2	0.582	171.8128	171.8128	171.8124	-0.0004	171.8124
07	H3	0.662	150.9437	150.9437	150.9438	0.0001	150.9438
07	H4	0.769	130.0901	130.0901	130.0909	0.0008	130.0909
07	H5	0.915	109.3376	109.3376	109.3388	0.0012	109.3388
07	H6	1.128	88.6410	88.6410	88.6407	-0.0003	88.6407
07	H7	1.433	69.7755	69.7755	69.7752	-0.0003	69.7752
O6N	O7	0.477	209.8486	209.8486	209.8478	-0.0008	209.8478
O6N	O1	0.503	198.7245	198.7245	198.7241	-0.0004	198.7241
O6N	O2	0.965	103.6073	103.6073	103.6065	-0.0008	103.6065
O6N	H1	1.932	51.7596	51.7596	51.7595	-0.0001	51.7595
O6N	H2	1.640	60.9592	60.9592	60.9595	0.0003	60.9595
O6N	H3	1.326	75.3884	75.3884	75.3874	-0.0010	75.3874
O6N	H4	1.083	92.3783	92.3783	92.3788	0.0005	92.3788
O6N	H5	0.903	110.7315	110.7315	110.7318	0.0003	110.7318
O6N	H6	0.770	129.9395	129.9395	129.9390	-0.0005	129.9390
O6N	H7	0.676	148.0262	148.0262	148.0264	0.0002	148.0264

Priloga E: REZULTATI IZRAVNAVE SIMULIRANIH OPAZOVANJ NAMENJENIH ZA PRIMERJAVO Z DEJANSKIMI MERITVAMI

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

Datum : 20.8.2012
Čas : 14:16

Ime datoteke s podatki:	1.pod
Ime datoteke za rezultate:	1.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	1.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	1.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	1.koo
Ime datoteke z utežmi:	1.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	1.str
Ime datoteke za ProTra:	1.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	1.sll
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	1.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	1.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	1.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	1.pvv

Seznam koordinat DANIH točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
05	1011.2688	824.1240
01	1199.2834	908.5911

vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
02	1005.9231	854.6275
07	1212.5065	1000.0042
06N	1006.8587	958.2296
H1	1021.4369	1007.8936
H2	1040.9183	1008.7863
H3	1061.8790	1009.7668
H4	1082.8594	1010.7439
H5	1103.7994	1011.7457
H6	1124.7915	1012.7822
H7	1144.0921	1013.7169

vseh novih točk je : 10

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Gr
1	01	02	254 24 23.90	0.000	1.00	1
2	01	05	245 48 27.10	0.000	1.00	1
3	01	07	8 13 51.20	0.000	1.00	1
4	01	06N	284 27 53.70	0.000	1.00	1
5	01	H1	299 10 38.30	0.000	1.00	1
6	01	H2	302 19 16.00	0.000	1.00	1
7	01	H3	306 21 55.70	0.000	1.00	1
8	01	H4	311 15 52.00	0.000	1.00	1
9	01	H5	317 12 41.50	0.000	1.00	1

10	01	H6	324	26	13.30	0.000	1.00	1
11	01	H7	332	18	1.40	0.000	1.00	1
12	02	O5	170	3	36.00	0.000	1.00	1
13	02	O1	74	24	22.60	0.000	1.00	1
14	02	O7	54	51	55.00	0.000	1.00	1
15	02	O6N	0	31	2.70	0.000	1.00	1
16	02	H1	5	46	46.70	0.000	1.00	1
17	02	H2	12	47	23.30	0.000	1.00	1
18	02	H3	19	49	59.40	0.000	1.00	1
19	02	H4	26	14	5.40	0.000	1.00	1
20	02	H5	31	55	15.00	0.000	1.00	1
21	02	H6	36	55	42.40	0.000	1.00	1
22	02	H7	40	58	27.10	0.000	1.00	1
23	05	O1	65	48	27.30	0.000	1.00	1
24	05	O2	350	3	35.50	0.000	1.00	1
25	05	O7	48	50	48.30	0.000	1.00	1
26	05	H1	3	10	1.80	0.000	1.00	1
27	05	H2	9	7	18.60	0.000	1.00	1
28	05	H3	15	14	57.70	0.000	1.00	1
29	05	H4	20	59	15.70	0.000	1.00	1
30	05	H5	26	15	5.50	0.000	1.00	1
31	05	H6	31	2	13.10	0.000	1.00	1
32	05	H7	35	0	50.50	0.000	1.00	1
33	07	O1	188	13	51.20	0.000	1.00	1
34	07	O5	228	50	48.10	0.000	1.00	1
35	07	O2	234	51	54.00	0.000	1.00	1
36	07	O6N	258	31	2.90	0.000	1.00	1
37	O6N	O7	78	31	3.30	0.000	1.00	1
38	O6N	O1	104	27	53.80	0.000	1.00	1
39	O6N	O2	180	31	2.50	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
40	01	O2	200.7491	0.0000	0.50
41	01	O7	92.3653	0.0000	1.08
42	01	O6N	198.7240	0.0000	0.50
43	01	H1	203.6914	0.0000	0.49
44	01	H2	187.3988	0.0000	0.53
45	01	H3	170.6362	0.0000	0.59
46	01	H4	154.8864	0.0000	0.65
47	01	H5	140.5633	0.0000	0.71
48	01	H6	128.0815	0.0000	0.78
49	01	H7	118.7324	0.0000	0.84
50	02	O5	30.9682	0.0000	3.23
51	02	H1	154.0487	0.0000	0.65
52	02	H2	158.0810	0.0000	0.63
53	02	H3	164.9218	0.0000	0.61
54	02	H4	174.0447	0.0000	0.58
55	02	H5	185.1111	0.0000	0.54
56	02	H6	197.8438	0.0000	0.51
57	05	H1	184.0510	0.0000	0.54
58	05	H2	187.0278	0.0000	0.54
59	05	H3	192.4172	0.0000	0.52
60	05	H4	199.8795	0.0000	0.50
61	05	H5	209.1979	0.0000	0.48
62	05	H6	220.1807	0.0000	0.45
63	05	H7	231.4892	0.0000	0.43
64	07	O5	267.2654	0.0000	0.37
65	07	O2	252.6089	0.0000	0.40
66	07	O6N	209.8483	0.0000	0.48
67	O6N	O2	103.6065	0.0000	0.97

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.623 mm.

Število enačb popravkov je 67

- Število enačb popravkov za smeri je 39

- Število enačb popravkov za dolžine je 28

Število neznank je 25
 - število koordinatnih neznank je 20
 - število orientacijskih neznank je 5
 Število nadštevilnih opazovanj je 42

POPRAVKI približnih vrednosti

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O2	0.0000	0.0000	0.1
O7	0.0001	0.0001	0.1
O6N	0.0000	0.0004	0.2
H1	0.0000	-0.0001	
H2	0.0005	0.0002	
H3	-0.0006	0.0000	
H4	0.0002	-0.0002	
H5	0.0004	-0.0001	
H6	0.0002	-0.0002	
H7	0.0000	-0.0003	
O1			0.1
O5			0.1

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O2	1005.9231	854.6275	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	174
O7	1212.5066	1000.0043	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	0
O6N	1006.8587	958.2300	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	19
H1	1021.4369	1007.8935	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	7
H2	1040.9188	1008.7865	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	11
H3	1061.8784	1009.7668	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	14
H4	1082.8596	1010.7437	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	8
H5	1103.7998	1011.7456	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	161
H6	1124.7917	1012.7820	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	154
H7	1144.0921	1013.7166	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	164

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.71678.
 [pvv] = 21.5784705192
 [xx] vseh neznank = 0.1038398058
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0000013022
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00010.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 0.3584 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.4467 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.

Dana točka: O1 Y = 1199.2834 X = 908.5911
 Orientacijski kot = 359 59 59.90

Vizura	Gr	Utež	Opazov.smer	Orient.smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
O2	1	1.00	254 24 23.90	254 24 23.80	254 24 23.33	-0.47	200.749
O5	1	1.00	245 48 27.10	245 48 27.00	245 48 27.39	0.39	206.117
O7	1	1.00	8 13 51.20	8 13 51.10	8 13 51.38	0.28	92.365

01	H6	0.781	128.0815	128.0815	128.0811	-0.0004	128.0811
01	H7	0.842	118.7324	118.7324	118.7327	0.0003	118.7327
02	O5	3.229	30.9682	30.9682	30.9684	0.0002	30.9684
02	H1	0.649	154.0487	154.0487	154.0492	0.0005	154.0492
02	H2	0.633	158.0810	158.0810	158.0813	0.0003	158.0813
02	H3	0.606	164.9218	164.9218	164.9218	0.0000	164.9218
02	H4	0.575	174.0447	174.0447	174.0445	-0.0002	174.0445
02	H5	0.540	185.1111	185.1111	185.1106	-0.0005	185.1106
02	H6	0.505	197.8438	197.8438	197.8448	0.0010	197.8448
05	H1	0.543	184.0510	184.0510	184.0506	-0.0004	184.0506
05	H2	0.535	187.0278	187.0278	187.0277	-0.0001	187.0277
05	H3	0.520	192.4172	192.4172	192.4177	0.0005	192.4177
05	H4	0.500	199.8795	199.8795	199.8804	0.0009	199.8804
05	H5	0.478	209.1979	209.1979	209.1981	0.0002	209.1981
05	H6	0.454	220.1807	220.1807	220.1801	-0.0006	220.1801
05	H7	0.432	231.4892	231.4892	231.4895	0.0003	231.4895
07	O5	0.374	267.2654	267.2654	267.2650	-0.0004	267.2650
07	O2	0.396	252.6089	252.6089	252.6087	-0.0002	252.6087
07	O6N	0.477	209.8483	209.8483	209.8480	-0.0003	209.8480
O6N	O2	0.965	103.6065	103.6065	103.6067	0.0002	103.6067

Ta stran je namenoma prazna.

Priloga F: REZULTATI IZRAVNAVE DEJANSKIH MERITEV V MIKRO-MREŽI

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

Datum : 20.8.2012
Čas : 14:29

Ime datoteke s podatki:	M11_1.pod
Ime datoteke za rezultate:	M11_1.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	M11_1.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	M11_1.ris
Ime datoteke za izračun premikov:	M11_1.koo
Ime datoteke z utežmi:	M11_1.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	M11_1.str
Ime datoteke za ProTra:	M11_1.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	M11_1.S11
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	M11_1.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	M11_1.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	M11_1.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	M11_1.pvv

Seznam koordinat DANIH točk =====

Točka	Y (m)	X (m)
05	1011.2688	824.1240
01	1199.2834	908.5911

vseh danih točk je : 2

Seznam Približnih koordinat novih točk =====

Točka	Y (m)	X (m)
02	1005.9215	854.6274
07	1212.5079	1000.0090
06N	1006.8587	958.2296
H1	1021.4392	1007.9003
H2	1040.9193	1008.7892
H3	1061.8784	1009.7693
H4	1082.8605	1010.7467
H5	1103.8011	1011.7453
H6	1124.7944	1012.7826
H7	1144.0927	1013.7183

vseh novih točk je : 10

Pregled opazovanih smeri =====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (gradi)	W (")	Utež	Gr
1	01	05	0 0 0.0	0.000	1.00	1
2	01	02	9 55 45.4	0.000	1.00	1
3	01	06N	42 95 23.1	0.000	1.00	1
4	01	H1	59 29 99.8	0.000	1.00	1
5	01	H2	62 79 29.1	0.000	1.00	1
6	01	H3	67 28 65.4	0.000	1.00	1
7	01	H4	72 73 1.5	0.000	1.00	1
8	01	H5	79 33 81.2	0.000	1.00	1
9	01	H6	87 36 63.9	0.000	1.00	1
10	01	H7	96 10 34.9	0.000	1.00	1

11	01	07	136	2	62.5	0.000	1.00	1
12	07	01	0	0	0.0	0.000	1.00	1
13	07	05	45	12	84.6	0.000	1.00	1
14	07	02	51	81	58.4	0.000	1.00	1
15	07	06N	78	9	59.4	0.000	1.00	1
16	06N	02	0	0	0.0	0.000	1.00	1
17	06N	07	286	66	83.1	0.000	1.00	1
18	06N	01	315	49	86.3	0.000	1.00	1
19	02	06N	0	0	0.0	0.000	1.00	1
20	02	H1	5	84	83.5	0.000	1.00	1
21	02	H2	13	63	69.6	0.000	1.00	1
22	02	H3	21	46	34.1	0.000	1.00	1
23	02	H4	28	57	58.8	0.000	1.00	1
24	02	H5	34	89	36.9	0.000	1.00	1
25	02	H6	40	45	76.3	0.000	1.00	1
26	02	H7	44	95	37.6	0.000	1.00	1
27	02	07	60	38	78.0	0.000	1.00	1
28	02	01	82	10	5.6	0.000	1.00	1
29	02	05	188	38	14.8	0.000	1.00	1
30	05	01	0	0	0.0	0.000	1.00	1
31	05	02	315	83	54.2	0.000	1.00	1
32	05	H1	330	39	86.2	0.000	1.00	1
33	05	H2	337	1	53.1	0.000	1.00	1
34	05	H3	343	82	38.1	0.000	1.00	1
35	05	H4	350	19	92.5	0.000	1.00	1
36	05	H5	356	4	85.2	0.000	1.00	1
37	05	H6	361	36	56.0	0.000	1.00	1
38	05	H7	365	78	42.2	0.000	1.00	1
39	05	07	381	15	43.7	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
40	01	02	200.7487	0.0000	2.00
41	01	06N	198.7255	0.0000	2.00
42	01	H1	203.6911	0.0000	1.00
43	01	H2	187.3992	0.0000	1.00
44	01	H3	170.6350	0.0000	1.00
45	01	H4	154.8853	0.0000	1.00
46	01	H5	140.5639	0.0000	1.00
47	01	H6	128.0813	0.0000	1.00
48	01	H7	118.7336	0.0000	1.00
49	01	07	92.3655	0.0000	2.00
50	07	05	267.2642	0.0000	2.00
51	07	02	252.6080	0.0000	2.00
52	07	06N	209.8500	0.0000	2.00
53	06N	02	103.6058	0.0000	2.00
54	02	H1	154.0495	0.0000	1.00
55	02	H2	158.0811	0.0000	1.00
56	02	H3	164.9225	0.0000	1.00
57	02	H4	174.0447	0.0000	1.00
58	02	H5	185.1103	0.0000	1.00
59	02	H6	197.8448	0.0000	1.00
60	02	05	30.9680	0.0000	2.00
61	05	H1	184.0507	0.0000	1.00
62	05	H2	187.0275	0.0000	1.00
63	05	H3	192.4182	0.0000	1.00
64	05	H4	199.8804	0.0000	1.00
65	05	H5	209.1976	0.0000	1.00
66	05	H6	220.1799	0.0000	1.00
67	05	H7	231.4892	0.0000	1.00

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.623 mm.

Število enačb popravkov je 67

- število enačb popravkov za smeri je 39

- število enačb popravkov za dolžine je 28

Število neznank je 25

- Število koordinatnih neznank je 20
 - Število orientacijskih neznank je 5
 Število nadštevilnih opazovanj je 42

A-POSTERIORI ocena uteži merjenih količin

=====

Izbran delni kriterij prekinitve iteracijskega procesa $_Xdop = 0.10mm$
 Izbran končni kriterij prekinitve iteracijskega procesa $1 - m0^{**2} = 0.0010$
 Izbrano največje število iteracijskih korakov = 20

* ... izpolnjen je delni kriterij prekinitve iteracijskega procesa

False

	(sekunde)	(mm)		
0	0.5000	0.6232		
1	0.6612	0.7653	2.0338	0.00012
2*	0.7294	0.7847	1.2358	0.00012
3*	0.7643	0.7777	1.0791	0.00012
4*	0.7842	0.7666	1.0300	0.00012
5*	0.7964	0.7568	1.0122	0.00012
6*	0.8043	0.7493	1.0054	0.00012
7*	0.8097	0.7437	1.0026	0.00012
8*	0.8134	0.7397	1.0014	0.00012
9*	0.8160	0.7368	1.0008	0.00012

POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
O2	0.0016	0.0001	-1.0
O7	-0.0014	-0.0048	1.8
O6N	-0.0021	-0.0004	-1.3
H1	-0.0024	-0.0067	
H2	-0.0010	-0.0028	
H3	0.0005	-0.0026	
H4	-0.0013	-0.0027	
H5	-0.0016	0.0005	
H6	-0.0029	-0.0003	
H7	-0.0006	-0.0014	
O1			-2.4
O5			0.7

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

Točka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
O2	1005.9231	854.6275	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	173
O7	1212.5065	1000.0042	0.0003	0.0004	0.0005	0.0004	0.0003	156
O6N	1006.8566	958.2292	0.0003	0.0005	0.0005	0.0005	0.0003	17
H1	1021.4368	1007.8936	0.0004	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	37
H2	1040.9183	1008.7864	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	45
H3	1061.8789	1009.7667	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	66
H4	1082.8592	1010.7440	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	99
H5	1103.7995	1011.7458	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	118
H6	1124.7915	1012.7823	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	129
H7	1144.0921	1013.7169	0.0005	0.0005	0.0007	0.0005	0.0004	148

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 1.00039.
 [pvv] = 42.0325696313
 [xx] vseh neznank = 12.0456981635
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0001210169

H6	1	1.00	361	36	56.0	34	48	55.5	34	48	54.3	-1.2	220.180
H7	1	1.00	365	78	42.2	38	90	41.7	38	90	44.3	2.6	231.490
O7	1	1.00	381	15	43.7	54	27	43.2	54	27	42.3	-0.9	267.265

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.
O1	O2	2.000	200.7487	200.7487	200.7493	0.0006	200.7493
O1	O6N	2.000	198.7255	198.7255	198.7260	0.0006	198.7260
O1	H1	1.000	203.6911	203.6911	203.6920	0.0009	203.6920
O1	H2	1.000	187.3992	187.3992	187.3996	0.0004	187.3996
O1	H3	1.000	170.6350	170.6350	170.6356	0.0006	170.6356
O1	H4	1.000	154.8853	154.8853	154.8864	0.0012	154.8864
O1	H5	1.000	140.5639	140.5639	140.5634	-0.0005	140.5634
O1	H6	1.000	128.0813	128.0813	128.0814	0.0001	128.0814
O1	H7	1.000	118.7336	118.7336	118.7329	-0.0007	118.7329
O1	O7	2.000	92.3655	92.3655	92.3645	-0.0010	92.3645
O7	O5	2.000	267.2642	267.2642	267.2648	0.0005	267.2648
O7	O2	2.000	252.6080	252.6080	252.6086	0.0006	252.6086
O7	O6N	2.000	209.8500	209.8500	209.8501	0.0001	209.8501
O6N	O2	2.000	103.6058	103.6058	103.6059	0.0000	103.6059
O2	H1	1.000	154.0495	154.0495	154.0493	-0.0002	154.0493
O2	H2	1.000	158.0811	158.0811	158.0811	0.0000	158.0811
O2	H3	1.000	164.9225	164.9225	164.9219	-0.0006	164.9219
O2	H4	1.000	174.0447	174.0447	174.0446	0.0000	174.0446
O2	H5	1.000	185.1103	185.1103	185.1106	0.0003	185.1106
O2	H6	1.000	197.8448	197.8448	197.8450	0.0002	197.8450
O2	O5	2.000	30.9680	30.9680	30.9684	0.0004	30.9684
O5	H1	1.000	184.0507	184.0507	184.0507	0.0000	184.0507
O5	H2	1.000	187.0275	187.0275	187.0275	0.0000	187.0275
O5	H3	1.000	192.4182	192.4182	192.4178	-0.0004	192.4178
O5	H4	1.000	199.8804	199.8804	199.8805	0.0001	199.8805
O5	H5	1.000	209.1976	209.1976	209.1982	0.0006	209.1982
O5	H6	1.000	220.1799	220.1799	220.1803	0.0004	220.1803
O5	H7	1.000	231.4892	231.4892	231.4897	0.0006	231.4897