

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:

Vendramin, A., 2015. Primerjava določitve položaja v omrežju SIGNAL pred in po vključitvi GNSS-stalne postaje v Idriji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P.): 30 str.

Datum arhiviranja: 29-09-2015

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:

Vendramin, A., 2015. Primerjava določitve položaja v omrežju SIGNAL pred in po vključitvi GNSS-stalne postaje v Idriji. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P.): 30 pp.

Archiving Date: 29-09-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GEODEZIJA IN  
GEOINFORMATIKA

Kandidatka:

**ANA VENDRAMIN**

**PRIMERJAVA DOLOČITVE POLOŽAJA V OMREŽJU  
SIGNAL PRED IN PO VKLJUČITVI GNSS-STALNE  
POSTAJE V IDRIJI**

Diplomska naloga št.: 82/GIG

**COMPARISON OF GNSS POINT POSITION  
DETERMINATION IN SIGNAL BEFORE AND AFTER  
INCLUSION OF THE IDRIJA REFERENCE STATION**

Graduation thesis No.: 82/GIG

**Mentorica:**

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Ljubljana, 01. 09. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## IZJAVE

Podpisana **Ana Vendramin** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »**Primerjava določitve položaja v omrežju SIGNAL pred in po vključitvi GNSS-stalne postaje v Idriji**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitorju.

Ljubljana, avgust 2015

Ana Vendramin

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 528.2(497.4Idrija)(043.2)  
**Avtorica:** Ana Vendramin  
**Mentorica:** doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren  
**Naslov:** Primerjava določitve položaja v omrežju SIGNAL pred in po vključitvi GNSS-stalne postaje v Idriji  
**Tip dokumenta:** diplomska naloga – univerzitetni študij  
**Obseg in oprema:** 30 str., 19 pregl., 23 sl.  
**Ključne besede:** SIGNAL, RTK-metoda izmere, statična metoda izmere, VRS, Idrija

### **Izvleček**

V diplomski nalogi predstavljamo rezultate terenskih izmer GNSS v maju 2014 in aprilu 2015, in sicer pred in po vklopu nove GNSS-stalne postaje v omrežje SIGNAL. Nova GNSS-stalna postaja se nahaja v Idriji, zato so bila delovišča terenske izmere vezana na problematična območja Notranjske in dela Gorenjske. Delovišča so se nahajala v Gorenji vasi, Žireh, Idriji in Črnem Vrhu. Na teh območjih je bila pred vključitvijo nove stalne postaje zaradi večjih oddaljenosti od stalnih postaj GNSS velikokrat problematična izvedba opazovanj z RTK-metodo izmere in obdelava opazovanj statične izmere GNSS. Na vsakem od posameznih delovišč smo izvedli statično izmero GNSS in RTK-metodo izmere z namenom primerjave položajev točk. Cilj diplomske naloge je bil ugotoviti, za koliko se je izboljšala kakovost določitve položaja z RTK-metodo izmere na območju delovišč z vklopom nove GNSS-stalne postaje v omrežje SIGNAL.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 528.2(497.4Idrija)(043.2)  
**Author:** Ana Vendramin  
**Supervisor:** Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.  
**Title:** Comparison of GNSS point position determination in SIGNAL before and after the inclusion of the Idrija reference station  
**Documenttype:** Graduation Thesis – University studies  
**Notes:** 30 p., 19 tab., 23 fig.  
**Keywords:** SIGNAL, RTK measurement method, GNSS static measurement, VRS, Idrija

### **Abstract**

In our thesis, we present the results of the GNSS fieldwork measurements of May 2014 and April 2015, namely before and after the integration of the new GNSS permanent station into the network SIGNAL. The new GNSS permanent station is located in Idrija, so the sites of the fieldwork measurements were bound up with the problematic areas of Inner Carniola and a part of Upper Carniola. The sites were located in Gorenja vas, Žiri, Idrija and Črni Vrh. In these areas, the realization of the observations with the RTK measurement method and the processing of the observations of the GNSS static measurement were often problematic before the integration of the new permanent station because of larger distances from the permanent stations. At each individual site, we performed the GNSS static measurement and the RTK measurement method with the purpose of comparing the points positions. The aim of our thesis was to establish how the quality of defining the position with the RTK measurement method in the area of the sites improved with the integration of the new GNSS permanent station into the network SIGNAL.

## **ZAHVALA**

Za strokovno vodenje, koristne nasvete in pomoč pri pisanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorici, doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren.

Najlepša hvala staršem in prijateljem, ki so me v času študija spodbujali, podpirali in mi pomagali. Hvala fantu Alenu za vsestransko podporo in motivacijo pri pisanju diplomske naloge.

## KAZALO VSEBINE

IZJAVE .....	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....	IV
ZAHVALA .....	V
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 Delovne hipoteze.....	2
1.2 Struktura naloge.....	2
<b>2 OMREŽJE SIGNAL .....</b>	<b>4</b>
2.1 Določitev položaja z navezavo na VRS .....	6
2.2 Nova stalna postaja Idrija .....	7
<b>3 METODE GEODETSKE IZMERE GNSS .....</b>	<b>9</b>
3.1 RTK-metoda izmere GNSS .....	9
3.2 Statična metoda izmere.....	10
<b>4 TERENSKI DEL NALOGE.....</b>	<b>12</b>
4.1 Priprave na teren.....	12
4.2 Opis delovišča.....	13
4.2.1 Izmera pred vključitvijo stalne postaje v Idriji v SIGNAL .....	13
4.2.2 Izmera po vključitvi stalne postaje v Idriji v SIGNAL .....	14
<b>5 OBDELAVA PODATKOV IN PREDSTAVITEV REZULTATOV .....</b>	<b>17</b>
5.1 Statična metoda pred vključitvijo Idrije v omrežje SIGNAL.....	17
5.2 Kinematična metoda pred vključitvijo Idrije v SIGNAL .....	18
5.3 Statična metoda po vključitvi Idrije v SIGNAL .....	20
5.4 Kinematična metoda po vključitvi Idrije v SIGNAL .....	22
<b>6 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>28</b>
VIRI.....	30



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Oprema na permanentni postaji Idrija (SIGNAL, 2015).....	8
Preglednica 2: Položaj permanentne postaje Idrija v koordinatnem sistemu ETRS 89 (SIGNAL, 2015) .....	8
Preglednica 3: Permanentne postaje v bližini merjenih točk in njihove nadmorske višine (SIGNAL, 2015) .....	8
Preglednica 4: Položaji VRS v koordinatnem sistemu ETRS 89 pri 1. izmeri 21. 5. 2014.....	17
Preglednica 5: Sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo izmere v koordinatnem sistemu D96/TM na poti naprej .....	18
Preglednica 6: Sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo izmere v koordinatnem sistemu D96/TM na poti nazaj.....	18
Preglednica 7: Odstopanja položajev točk v koordinatnem sistemu D96/TM.....	19
Preglednica 8: Največje in najmanjše vrednosti koordinat na poti naprej ter odstopanja med njimi .....	19
Preglednica 9: Največje in najmanjše vrednosti koordinat na poti naprej ter odstopanja med njimi .....	19
Preglednica 10: Položaji VRS v koordinatnem sistemu ETRS89 pri 2. izmeri 20. 4. 2015.....	20
Preglednica 11: Geodetske koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu .....	20
Preglednica 12: Koordinate točk v koordinatnem sistemu D96/TM.....	20
Preglednica 13: Sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo izmere .....	20
Preglednica 14: Razlika položajev točk določenih z dvema različnima metodama koordinatnem sistemu D96/TM .....	21
Preglednica 15: Primerjava koordinat točk določenih v prvem terminu z RTK-metodo izmere in drugem terminu s statično metodo v koordinatnem sistemu D96/TM .....	21
Preglednica 16: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki GV2 v Gorenji vasi .....	22
Preglednica 17: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki Z4 v Žireh ...	23
Preglednica 18: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki I5 v Idriji.....	25
Preglednica 19: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki v Črnem Vrhu .....	26

## KAZALO SLIK

Slika 1: Omrežje stalnih postaj SIGNAL pred vključitvijo Idrije (SIGNAL, 2014) .....	4
Slika 2: Omrežje stalnih postaj SIGNAL po vključitvi Idrije (SIGNAL, 2015) .....	5
Slika 3: Koncept VRS.....	7
Slika 4: Antena Leica AR10 nameščena na permanentni postaji Idrija (Antena Leica, 2013) .	7
Slika 5: Položaji stalnih postaj in njihove nadmorske višine.....	8
Slika 6: Lokacije stalnih in merjenih točk ter višine le teh .....	12
Slika 7: Stabilizacija točk na terenu .....	13
Slika 8: Izmera v Gorenji vasi v drugem terminu .....	15
Slika 9: Izmera v Gorenji vasi v prvem terminu .....	15
Slika 10: Izmera v Žireh v drugem terminu .....	15
Slika 11: Izmera v Žireh v prvem terminu .....	15
Slika 12: Izmera v Idriji v prvem terminu.....	16
Slika 13: Izmera v Idriji v drugem terminu .....	16
Slika 14: Izmera v Črnem Vrhu v drugem terminu .....	16
Slika 15: Izmera v Črnem Vrhu v prvem terminu .....	16
Slika 16: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke GV2 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	22
Slika 17: Grafično predstavljena višina točke GV2 v koordinatnem sistemu D96/TM .....	23
Slika 18: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke Z4 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	24
Slika 19: Grafično predstavljena višina točke Z4 v koordinatnem sistemu D96/TM .....	24
Slika 20: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke I5 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	25
Slika 21: Grafično predstavljena višina točke I5 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	26
Slika 22: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke CV8 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	27
Slika 23: Grafično predstavljena višina točke CV8 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	27

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

APOS	angl. Austrian Positioning Service
CORS	angl. Continuously Operating Reference Station
CROPOS	angl. CROatian POsitioning System
D96/TM	Datum 1996/Transverzalna merkatorjeva projekcija
ETRS89/TM	angl. European Terrestrial Reference System 1989 / Transversal Mercator
GNSS	angl. Global Navigation Satellite System
GLONASS	rus. Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GPS	angl. Global Positioning System
NMEA	angl. The National Marine Electronics Association
RINEX	angl. Receiver Independent Exchange
RTCM	angl. Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	angl. Real Time Kinematic
SIGNAL	Slovenija-Geodezija-Navigacija-Lokacija
VRS	angl. Virtual Reference Station

"Ta stran je namenoma prazna."

## 1 UVOD

Omrežja stalno delujočih postaj GNSS se danes vzpostavljajo po celotnem razvitem svetu. Od globalnih in kontinentalnih pasivnih omrežij GNSS, ki so ogrodje različnih koordinatnih sistemov za spremljanje premikov in deformacij zemeljske površine, na podlagi katerih proučujejo notranjo geološko strukturo Zemlje, pa vse do državnih ali drugih aktivnih omrežij stalnih postaj (angl. Continuously Operating Reference Station network), ki predstavljajo ogrodje nacionalnih geoinformacijskih infrastruktur.

V omrežjih stalnih postaj je zelo pomembna razporeditev stalnih postaj GNSS. Primerna razporeditev in oddaljenost med stalnimi postajami omogoča kakovostno obdelavo opazovanj GNSS različnih metod izmere. Z obdelavo opazovanj GNSS določamo položaj novih točk relativno glede na stalne postaje GNSS, v omrežju pa lahko uporabimo storitev VRS (angl. Virtual Reference Station). To pomeni, da nam v centru stalnih postaj vzpostavijo opazovanja virtualnih referenčnih stojišč, ki tekom obdelave služijo kot opazovanja na danih točkah.

Slovensko omrežje stalnih postaj SIGNAL vse od 1. januarja 2008 predstavlja enega najbolj pomembnih segmentov osnovne državne geoinformacijske infrastrukture, saj od takrat naprej določamo in evidentiramo vse zemljiško-katastrske točke v novem koordinatnem sistemu D96/TM. SIGNAL sestavlja 16 stalnih postaj, razporejenih na območju Slovenije:

- na celotnem ozemlju države je v vsaki točki vsaj ena postaja GNSS bližje od 25 km ter
- na celotnem ozemlju države so v vsaki točki hkrati vsaj tri postaje GNSS bližje od 60 km.

Še pred enim letom je omrežje SIGNAL sestavljalo 15 stalnih postaj. Na območju Notranjske (slika 1) so bile razdalje med stalnimi postajami večje kot razdalje drugod, zato so na tem območju večkrat zaznali težave pri kakovostni določitvi položaja tako s statično kot kinematično metodo izmere GNSS. V okviru diplomske naloge smo se odločili, da na problematičnih območjih naredimo dve izmeri GNSS in sicer prvo pred in drugo po vključitvi nove stalne postaje v Idriji v omrežje SIGNAL.

Izmero smo naredili na štirih deloviščih, na vsakem od delovišč na dveh točkah. Koordinate točk smo določali s statično metodo izmere GNSS ter z RTK-metodo izmere. S statično metodo izmere smo želeli določiti bolj kakovosten položaj točk, ki bi bil osnova za primerjavo večkrat zaporedno določenih položajev točk z RTK-metodo izmere. Z večkrat zaporedno določenimi položaji z RTK-metodo izmere smo želeli pokazati, da je smiselno večkrat neodvisno in s ponovno inicializacijo določati položaj, da se izognemo nepravilni določitvi položaja zaradi motečih dejavnikov v okolici izvedbe meritev.

Koordinate točk statične metode izmere smo določili z naknadno obdelavo opazovanj GNSS ob uporabi programskega orodja Leica Geo Office. Opazovanja, pridobljena s statično metodo izmere, smo večkrat obdelali tako, da smo se pri obdelavi navezali na različne stalne postaje v bližini delovišč oziroma na virtualno postajo, ki smo jo določili v bližini delovišča.

Pomembno izhodišče za diplomsko nalogo je bilo dejstvo, da opazovanj statične metode izmere, ki smo jih pridobili v prvem terminu terenskih meritev (pred vključitvijo Idrije v SIGNAL), nismo uspeli kakovostno obdelati. Tako v primerih navezave na bližnje stalne postaje (Bovec, Nova Gorica, Radovljica, Ilirska Bistrica in Ljubljana) kot tudi pri vzpostavitvi

virtualnega stojišča VRS smo dobili slabšo rešitev baznega vektorja, saj je bila v vseh primerih fazna nedoločenost izračunana le v območju realnih števil (angl. float solution). Zanimivo je, da smo položaje istih točk uspešno določili z RTK-metodo izmere.

Zato primerjave koordinat, določenih z RTK-metodo glede na referenčno vrednost, ki bi bila določena na osnovi obdelave statične metode izmere GNSS, za prvi termin nismo uspeli narediti. Pridobili pa smo dva niza zaporednih določitev položajev točk z RTK-metodo izmere ob uporabi VRS, kjer smo za vsako ponovno določitev položajev točk vzpostavili novo inicializacijo. Niza določitev položajev točk sta bila vezana na izvedbo opazovanj v različnih časih (razlika vsaj tri ure).

V drugem terminu, ko so v omrežje že vključili stalno postajo v Idriji smo opravili ponovno terensko izmero. Tudi v tem primeru smo točkam določali referenčni položaj z izvedbo statične metode izmere, nadaljevali pa smo z določitvijo položajev točk z RTK-metodo izmere.

## 1.1 Delovne hipoteze

Tekom izvedbe opazovanj GNSS na terenu in pri obdelavi smo si postavili delovne hipoteze:

### 1. hipoteza

Predpostavili smo, da bo v primeru izboljšave omrežja SIGNAL zaradi vključitve stalne postaje v Idriji mogoče bolj kakovostno določiti položaj z metodami izmere GNSS. To se je navezovalo predvsem na obdelavo opazovanj statične metode izmere druge izmere (leto 2015). Vedeli smo namreč, da opazovanj v prvem poizkusu obdelave opazovanj GNSS, ko v omrežje še ni bilo vključene stalne postaje v Idriji, ni bilo moč kakovostno obdelati.

### 2. hipoteza

V primeru zaporednih določitev položajev točk pri RTK-metodi izmere, pri čemer smo zaporedne položaje točk določili vsakič s ponovno inicializacijo, smo predpostavili, da se bodo položaji točk razlikovali v definicijskem območju točnosti RTK-metode izmere, to je nekaj centimetrov.

### 3. hipoteza

Predpostavili smo, da bodo položaji točk, določeni z RTK-metodo izmere z daljšim intervalom opazovanj (3 minute) bolj kakovostni od položajev, določenih s krajšim intervalom opazovanj (5 sekund). Predpostavko smo uporabili v zvezi z uporabljenim instrumentom Leica Viva.

## 1.2 Struktura naloge

Diplomsko nalogo tvori šest glavnih poglavij. V prvih treh poglavjih predstavljamo teoretični del, zadnja tri poglavja so namenjena praktičnemu delu diplomske naloge.

V uvodnem poglavju so navedene delovne hipoteze, ki smo si jih zastavili tekom nastajanja diplomske naloge, sledi drugo poglavje, ki je namenjeno opisu omrežja SIGNAL, možnosti določitve položaja z VRS ter nove stalne postaje v Idriji. Tretje poglavje predstavlja metode

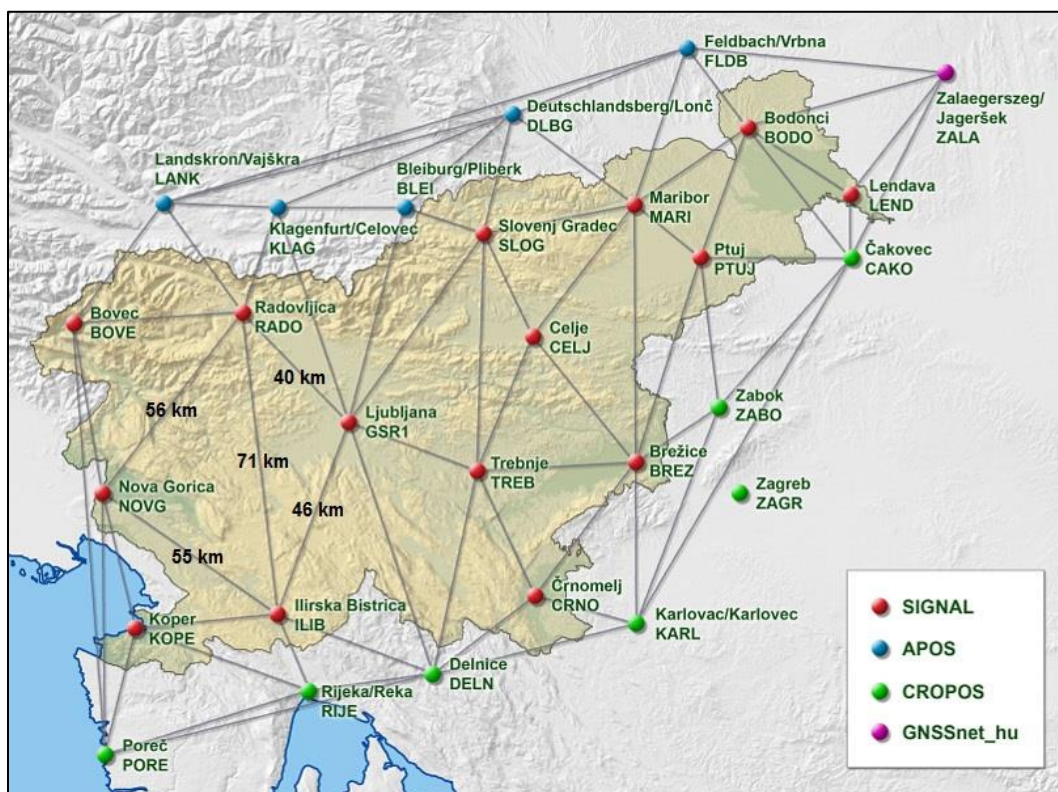
geodetske izmere GNSS, in sicer RTK-metodo izmere in statično metodo izmere. Sledi četrto poglavje, v katerem je opisan terenski del diplomske naloge. Najprej so opisane priprave na teren, sledi opis delovišča ter temeljita opisa izmer pred in po vključitvi stalne postaje v Idriji v omrežje SIGNAL. Peto poglavje je namenjeno obdelavi podatkov in predstavitvi rezultatov, zato je razdeljeno na štiri podpoglavja. Predstavljeni so rezultati dveh različnih metod geodetske izmere GNSS, pred in po vključitvi stalne postaje v Idriji. Diplomska naloga se zaokroži z zaključkom, kjer povzamemo končne ugotovitve ter ovrednotimo na začetku zastavljene hipoteze.

## 2 OMREŽJE SIGNAL

Omrežje SIGNAL je državno omrežje stalno delujočih postaj GNSS na območju Slovenije. Od konca leta 2014 ga tvori 16 postaj, enakomerno razporejenih po vsej državi (slika 2), dodatno so v omrežje vključena tudi opazovanja stalnih postaj avstrijskega omrežja APOS, madžarskega omrežja GNSSnet.hu in hrvaškega omrežja CROPOS (slika 1). Še pred slabim letom so bila nekatera območja v Sloveniji bolj oddaljena od stalnih postaj kot je 70–90 kilometrska priporočena najdaljša razdalja od stalne postaje (Wang, 2010).

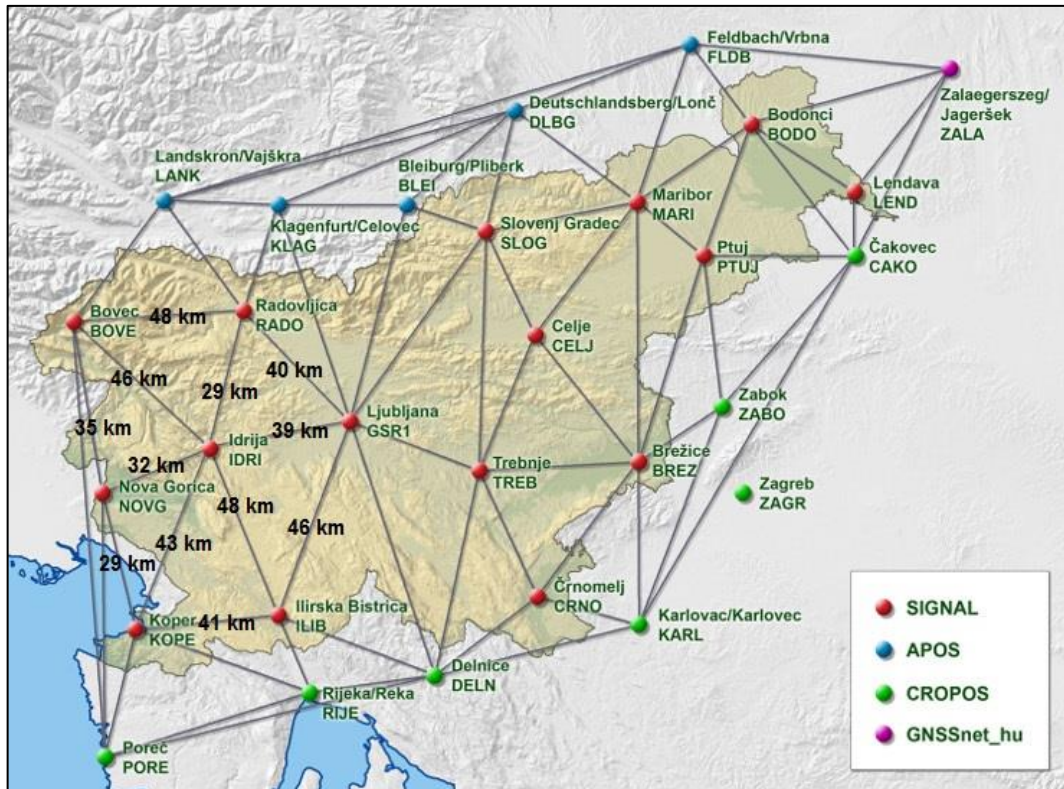
Na sliki 1 je vidno, da so bile stranice na območju zahodne Slovenije (primer RADO-GSR1-ILIB in RADO-NOVG-ILIB) daljše od priporočenih 70 km. To je povzročalo težave pri pridobivanju kakovostnih rešitev obdelav opazovanj GNSS tako pri naknadni obdelavi kot tudi pri meritvah v realnem času. Težavo kakovostne izvedbe izmere na območju Notranjske in južne Gorenjske so rešili z vključitvijo nove stalne postaje v Idriji v omrežje SIGNAL.

Na slikah 1 in 2 prikazujemo stalne postaje omrežja SIGNAL in medsebojne oddaljenosti na območju naših meritev. V omrežje SIGNAL je vključenih šest stalnih postaj na Hrvaškem (CROPOS), pet v Avstriji (APOS) in ena na Madžarskem (GNSSnet\_hu). Vključitev podatkov opazovanj GNSS z referenčnih postaj sosednjih držav omogoča dodatno izboljšavo kakovosti določitve položaja na obmejnih področjih. V omrežju poteka vzajemna izmenjava podatkov opazovanj GNSS s sosednjimi državami.



Slika 1: Omrežje stalnih postaj SIGNAL pred vključitvijo Idrije (SIGNAL, 2014)





Slika 2: Omrežje stalnih postaj SIGNAL po vključitvi Idrije (SIGNAL, 2015)

Za upravljanje državnega omrežja GNSS-stalnih postaj SIGNAL skrbi Služba za GPS, ki jo sestavljajo *operativni center*, ki zagotavlja stalno delovanje omrežja GNSS-postaj v praksi, *podatkovni center* z nalogo pridobivanja, arhiviranja in distribucije podatkov opazovanj GNSS v realnem času in za naknadno obdelavo ter *analitični center*, ki definira in vzdržuje koordinatni sistem. Služba za GPS deluje kot državni operativni center, skrbi za tehnično delovanje omrežja, izvaja analize položajev GNSS-postaj in analize kakovosti opazovanj v realnem času, posreduje podatkovni tok v realnem času do uporabnikov, distribuira podatke v formatu RINEX in vodi arhiv teh podatkov ter nudi podporo uporabnikom omrežja (SIGNAL, 2015).

Lokacija stalnih postaj je izbrana tako, da so le-te enakomerno razporejene po območju države, poleg tega so maksimalne oddaljenosti med postajami manjše od 70 km. Tako izbrana oddaljenost med stalnimi GNSS-postajami omogoča, da doseže uporabnik visoko točnost določitve položaja na celotnem območju države ob uporabi storitve VRS. Omrežje SIGNAL je pomembno za uporabnika, saj z njim določamo relativni oz. diferencialni položaj lastnega sprejemnika glede na izbrano postajo GNSS v omrežju. Tako določen položaj je bolj točen kot absolutni položaj, ki je določen brez navezave na opazovanja drugega sprejemnika. Za navezavo GNSS-meritev na fizično realizacijo koordinatnega sistema potrebujemo vsaj dva sprejemnika GNSS. Omrežje omogoča bolj racionalno izmero za uporabnika, saj nudi uporabniku možnost izvedbe relativne določitve položaja z le enim sprejemnikom, drugega mu nadomešča referenčni sprejemnik omrežja. Za izmero potrebujemo tako le premični sprejemnik, saj prevzema vlogo referenčnega sprejemnika omrežja SIGNAL (SIGNAL, 2015).

Glede na to, da sega začetek izgradnje omrežja SIGNAL v leto 2001, operativno pa deluje od leta 2006, bi lahko zasledili kar nekaj težav pri točnosti določitve koordinat zaradi izračunov položajev stalnih postaj v različnih obdobjih. Celotno omrežje s 15 stalnimi postajami je bilo nazadnje preračunano v letu 2010, koordinate postaje v Idriji pa kasneje, konec leta 2014. Ker je slovensko ozemlje podvrženo nenehnim geotektonskim spremembam (Weber in sod., 2010), se tudi položaji točk nenehno spreminjajo. To posledično vpliva tudi na spremembe položajev točk omrežja SIGNAL, zato bo najbrž potrebno v prihodnosti novo določiti položaj točk omrežja, pri čemer bodo položaji točk vezani na isti referenčni trenutek oziroma se bodo v času spreminjali.

## 2.1 Določitev položaja z navezavo na VRS

Bazno stojišče v primeru izmere RTK lahko vzpostavimo na tri načine. Za bazno stojišče nam lahko služi:

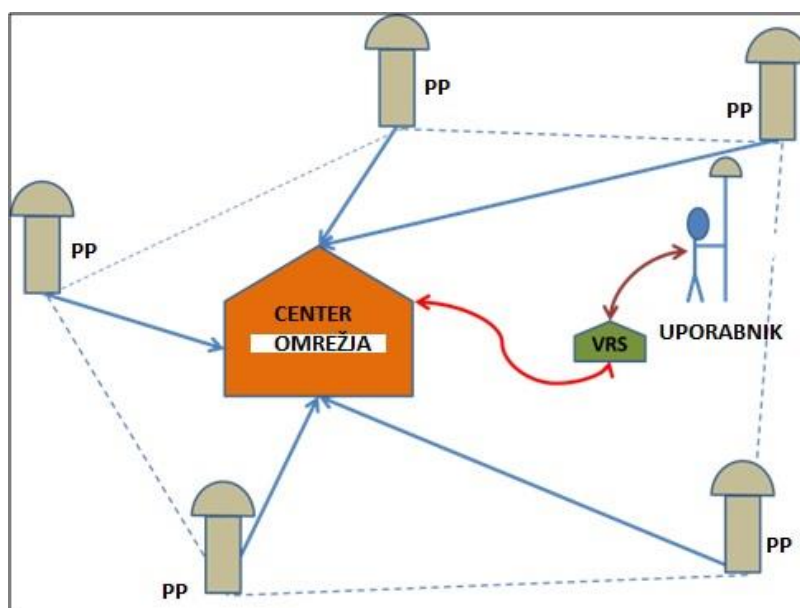
- lastno bazno stojišče, če imamo na voljo dva sprejemnika
- stalna postaja (uporaba omrežja SIGNAL oz. privatnih stalnih postaj, ki niso vključene v omrežje),
- virtualna referenčna postaja, če nam omrežje nudi to storitev.

VRS oz. virtualna referenčna postaja je namišljena točka v bližini delovišča, ki se nahaja na območju stalnih postaj (na sliki 3 so stalne postaje predstavljene s kratico PP – permanentna postaja). Ta način postavitve baznega stojišča uporabimo, ko smo oddaljeni več kot 20 km od stalne postaje (Petovello, 2011) – nekateri avtorji navajajo celo krajšo dolžino, ter ko so stranice trikotnika, ki ga tvorijo tri sosednje permanentne postaje krajše od 70 km. Kljub temu, da je oddaljenost od stalne postaje velika, lahko dobimo zelo visoko točnost določitve položaja z navezavo na VRS v definicijskem območju točnosti izbrane metode določanja položaja.

Opazovanja s točke VRS so zapisana v formatu RINEX, ki vključuje tako kodna kot fazna opazovanja GNSS. Opazovanja virtualnih točk se lahko izračunajo samo v omrežjih, ki so centralno vodena, kot je to primer omrežja SIGNAL (slika 3). Služba za GPS s pomočjo programskega paketa za centralno vodena omrežja (Trimble VRS3Net) zbira in obdeluje opazovanja iz vseh GNSS-postaj v omrežju. Opazovanja se stekajo v center v realnem času. S programskim paketom je mogoče centralno upravljati omrežje v realnem času, distribuirati opazovanja preko centra omrežja, izračunati popravke ionosfere, troposfere, položaj satelitov in neznanega števila celih valov in seveda izračunati opazovanja VRS za poljubni položaj v omrežju (SIGNAL, 2015).

V primeru, da želimo določiti položaj z navezavo na VRS, mora uporabnikov sprejemnik omogočati dvosmerno komunikacijo, kar pomeni, da mora omogočati sprejemanje in oddajanje podatkov. Ko je absolutni položaj določen, se le tega pošlje v obliki stavka GGA sporočila NMEA 0183 v center omrežja, kjer se generira model vplivov na opazovanja na podlagi opazovanj vseh postaj GNSS. Iz generiranega modela vplivov na opazovanja se nato izračunajo interpolirane vrednosti vplivov za položaj uporabnika. Nato se izračunajo vrednosti opazovanj, ki bi jih izvedel fizični sprejemnik na lokaciji v bližini uporabnika. Ta opazovanja so opazovanja virtualne točke VRS, položaj za katerega so opazovanja generirana, pa postaja VRS.

Posredovanje podatkov uporabnikom je zadnja naloga centra omrežja. Navadno uporabnik združi svoja opazovanja s podatki opazovanj najbližje stalne postaje ali s podatki postaje VRS v obliki sporočila, zapisanega v standardni obliki RTCM-SC104. Na ta način se izboljša točnost obdelave opazovanj, ki lahko poteka naknadno ali med izmero na terenu. Center omrežja stalnih postaj skrbi za distribucijo podatkov za sprotno in naknadno obdelavo. Surova opazovanja posameznih postaj pretvorijo v standardni format RINEX. Center za obdelavo v realnem času odda podatke v mrežnem algoritmu takoj po obdelavi, pri tem ne sme biti prevelik zamik oddaje podatka glede na dejanski zajem le tega. Podatki opazovanj uporabnika in omrežja stalnih postaj se v tem primeru obdelujejo sproti, direktno na sprejemniku GPS. Podatki centra se uporabnikom posredujejo v obliki, predpisani s standardom RTCM-SC104 (Kozmus in Stopar, 2004).



Slika 3: Koncept VRS

## 2.2 Nova stalna postaja Idrija

Na vsaki stalni postaji omrežja SIGNAL se nahaja sprejemnik GNSS z anteno, naprave za komunikacijo in napajalne naprave. V omrežje SIGNAL je bila 5. 12. 2014 vključena nova stalna postaja, Idrija. S preglednice 1 vidimo, da je na postaji nameščen sprejemnik Leica GRX1200 z Leica AR10 anteno (slika 4), ki omogoča sprejem satelitskih signalov sistemov GPS in GLONASS. Na NTRIP strežniku sta bili dodani vstopni točki IDRI(2\_3) in IDRI(3\_1). Položaj točke IDRI v koordinatnem sistemu ETRS89 podajamo v preglednici 2.



Slika 4: Antena Leica AR10 nameščena na permanentni postaji Idrija (Antena Leica, 2013)

Preglednica 1: Oprema na permanentni postaji Idrija (SIGNAL, 2015)

ime postaje	oznaka	tip sprejemnika	tip antene	višina antene
Idrija	IDRI	Leica GRX1200+GNSS	Leica AR10	0,065 m

Preglednica 2: Položaj permanentne postaje Idrija v koordinatnem sistemu ETRS 89 (SIGNAL, 2015)

stalna postaja Idrija	
$\varphi$	46° 00' 36,49000" S
$\lambda$	14° 04' 64,22000" V
h [m]	378,508

Poleg problema razdalj med stalnimi postajami, ki so bile večje od 70 km, so se v omrežju soočali tudi s problemom zaradi velikih višinskih razlik med določenimi stalnimi postajami, ki definirajo trikotnik. Tak primer je bil trikotnik med Radovljico, Ilirsko Bistrico ter Novo Gorico, saj je razlika med Novo Gorico in Ilirsko Bistrico znašala kar 385 m (preglednica 3). Ravno tako trikotnik med Radovljico, Ljubljano in Ilirsko Bistrico, v katerem je bila razlika med Radovljico in Ljubljano 202 m.

Preglednica 3: Permanentne postaje v bližini merjenih točk in njihove nadmorske višine (SIGNAL, 2015)

stalna postaja	nadmorska višina [m]
Idrija (IDRI)	378,508
Bovec (BOVE)	485,848
Radovljica (RADO)	554,303
Ljubljana (GSR1)	351,662
Ilirska Bistrica (ILIB)	494,597
Nova Gorica (NOVG)	110,114



Slika 5: Položaji stalnih postaj in njihove nadmorske višine

### **3 METODE GEODETSKE IZMERE GNSS**

Metode geodetske izmere GNSS delimo glede na način določitve položaja, glede na uporabljena opazovanja, čas pridobitve rezultatov ter glede na dinamiko izmere, ki deli metodo izmere na statično in kinematično.

#### **3.1 RTK-metoda izmere GNSS**

RTK-metoda izmere GNSS spada med kinematične metode izmere GNSS, saj temelji na določitvi relativnih položajev premičnega sprejemnika glede na mirujoč referenčni sprejemnik. Običajna kinematična metoda GNSS izmere je za potrebe geodezije uporabna le izjemoma, saj se premični sprejemnik tekom izmere lahko premika. Več je v uporabi metoda Stop and Go, kjer se na točkah, katerih položaj nas zanima, zaustavimo za nekaj sekund do nekaj minut (Kogoj in Stopar, 2009). RTK metoda izmere GNSS je metoda, kjer pridobimo koordinate in kakovost le teh že med izmero.

Pri kinematični metodi je najpomembnejša inicializacija meritev, kar pomeni določitev neznanih začetnih vrednosti za število celih valov (imenujemo jih tudi fazne nedoločenosti) med posameznimi sateliti in obema sprejemnikoma GNSS. Poleg tega je potrebno zagotoviti neprekinjen sprejem signala z najmanj štirih satelitov ves čas izmere, v postopku inicializacije jih potrebujemo celo pet. Glede na to, da so opazovanja kratkotrajna, so rezultati izmere na posamezni točki obremenjeni s sistematičnimi vplivi z izvorom v okolici sprejemnika GNSS. Zaradi tega je potrebno z različnimi postopki izmere zagotoviti pogoje, da bo v rezultatih izmere prisotnih čim manj sistematičnih vplivov (Kogoj in Stopar, 2009).

Kinematična metoda izmere je kljub dokaj visoki točnosti določitve položaja ob ustreznih pogojih najmanj zanesljiva metoda, saj ne temelji na nadštevilnih opazovanjih. Metoda zahteva kakovostno določitev fazne nedoločenosti (uporaba faznih opazovanj), to pomeni izračun fazne nedoločenosti kot celih števil. Terenska izvedba je dokaj zahtevna zaradi ovir za sprejem signala. Ker nimamo nadštevilnih opazovanj, je obdelava opazovanj najmanj obsežna.

Za izvajanja metode RTK je potrebna oprema referenčna postaja GNSS, mobilni sprejemnik GNSS, telemetrična povezava referenčnega in mobilnega sprejemnika, prenos podatkov z referenčne postaje GNSS do mobilnega sprejemnika in standardizirani formati. Najpomembnejša je radijska povezava med referenčnim in premičnim GNSS sprejemnikom ter ustrezna programska oprema za obdelavo opazovanj referenčnega in premičnega GNSS sprejemnika v času trajanja izmere.

Pri metodi RTK so podatki opazovanj od baznega stojišča k premikajoči enoti poslani v realnem času preko izbrane povezave v formatu RTCM, ki je standardni format za posredovanje opazovanj v realnem času.

### 3.2 Statična metoda izmere

Statična metoda izmere GNSS je metoda določevanja relativnega položaja točk, pri kateri se med izmero sprejemnik ne premika. Opazovanja trajajo od 30 do 120 minut in temeljijo na spremembi geometrije satelitov GNSS v času opazovanj. Čas opazovanj je odvisen od zahtevane točnosti določitve položaja v globalnem koordinatnem sistemu (v primeru najzahtevnejših nalog lahko potekajo meritve več dni), geometrijske razporeditve satelitov in trenutnih merskih pogojev, ki se nanašajo tudi na stabilno stanje v ionosferi in troposferi. Pri statični metodi mora biti podana vsaj ena točka v mreži v globalnem koordinatnem sistemu, lahko tudi več, da je določen datum. Je ena najnatančnejših metod, z njo lahko dosežemo milimetrsko točnost določitve položaja. Do vzpostavitve omrežja SIGNAL so to metodo uporabljali za vzpostavljanje državnih geodetskih mrež.

Relativna določitev položaja na osnovi faznih opazovanj temelji na tvorjenju enojnih, dvojnih in trojnih faznih razlik, pri čemer se izločijo pogreški satelitovih ur (enojne fazne razlike) in ur sprejemnika (dvojne fazne razlike). Temelj je tudi kombinacija opazovanj na frekvencah L1 in L2 za odstranitev vpliva ionosfere ter možnost uporabe najbolj točnih podatkov o tirnicah satelitov v obliki preciznih efemerid, ki nam jih posredujejo različne mednarodne službe GNSS, kot na primer IGS (angl. International GNSS Service). Kakovostna določitev faznih nedoločenosti je ključna za dobro določitev položaja objekta. Rešitev neznanke fazne nedoločenosti, ki so značilne le za fazna opazovanja, je prava (celoštevilska (angl. fixed)) ali nepopolna (realna (angl. float) vrednost). Za geodetske naloge uporabljamo samo določitev faznih nedoločenost v območju celih števil (Kozmus in Stopar, 2003).

Bazne vektorje med našim in referenčnim stojiščem algoritem obdelave opazovanj GNSS določi po izračunu faznih nedoločenosti. Vektorje naknadno lahko povežemo v mrežo, opazovanja in neznanke v mreži pa nato izravnamo po načelih izravnave opazovanj po metodi najmanjših kvadratov. Rezultat obdelave so koordinate novih točk v globalnem koordinatnem sistemu, v primeru uporabe omrežja SIGNAL v koordinatnem sistemu ETRS 89 (Kozmus in Stopar, 2003). Pri statični metodi izmere so rezultati izravnave pokazatelji o prisotnosti grobih in sistematičnih pogreškov. Z nadštevilnimi opazovanji pridobimo nadzor nad kakovostjo rezultatov, pridobljenih v geodetskih mrežah.

Praviloma pri statični metodi izmere GNSS izvajamo opazovanja v več serijah, ob tem so postavitve instrumentov v vsaki od serij neodvisne. Pri tem je potrebna predhodna priprava in planiranje izvedbe izmere v serijah, pridobiti moramo osnovne informacije o obstoječi geodetski mreži, topografije obstoječih geodetskih točk, kartografsko gradivo območja... V serijah merimo, ker tako izboljšamo točnost določitve položaja. Opazovanja vseh serij in vseh sprejemnikov naknadno prenesemo v računalnik, kjer jih v ustreznem programskem orodju obdelamo. V našem primeru smo obdelali opazovanja v programu Leica Geo Office.

Metoda zahteva naknadno obdelavo GNSS-opazovanj. Kakovost rezultatov lahko izboljšamo:

- z uporabo preciznih efemerid,
- s spremembo višinskega kota, ko povečamo višinski kot, zmanjšamo število opazovanj z določenih satelitov, ta pa so bolj kakovostna, saj nimamo prekinitev opazovanj zaradi ovir,
- z izključitvijo satelitov, če predpostavimo, da so opazovanja z določenega satelita tista, ki vplivajo na kakovost obdelave,

- s krajšanjem časovnih intervalov opazovanj ter
- s spremembo modela troposferske refrakcije.

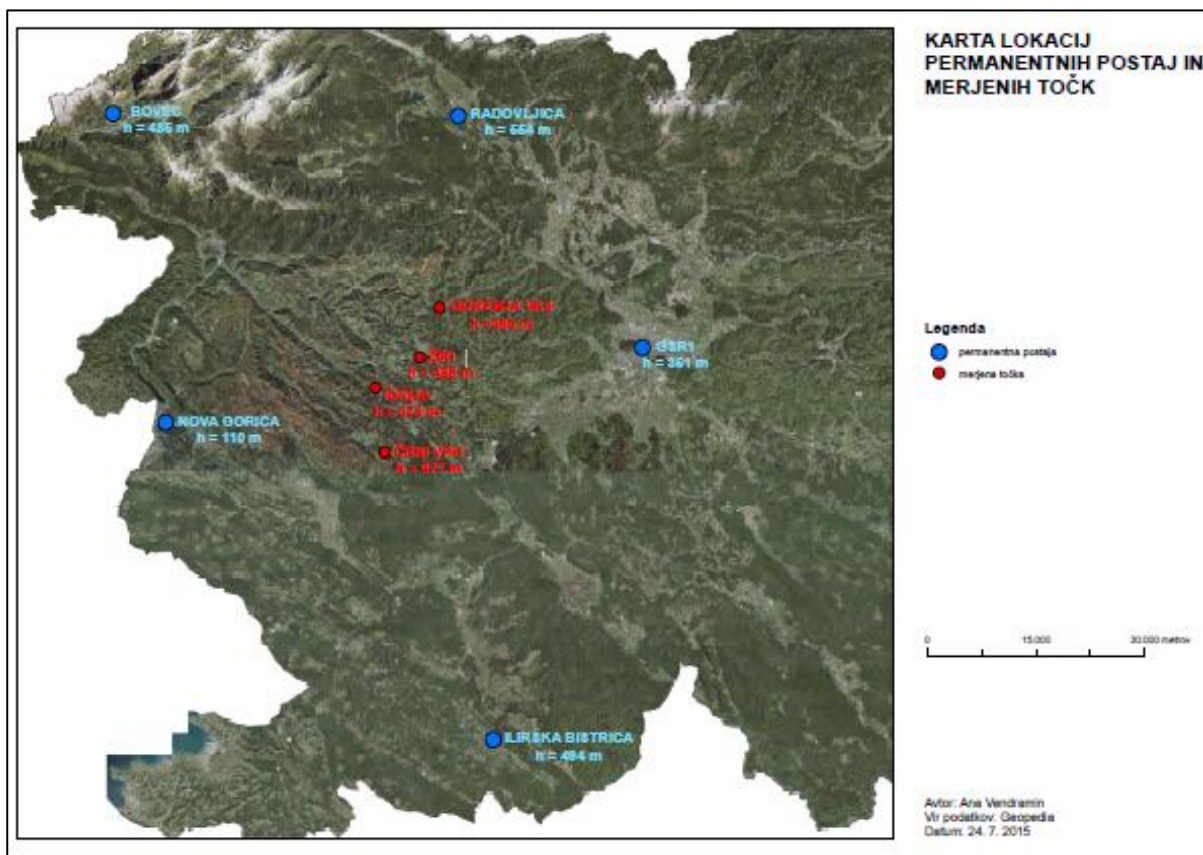
Kot je že omenjeno, lahko s statično metodo dosežemo tudi milimetrsko točnost določitve položaja v globalnem koordinatnem sistemu. Uporabiti moramo primeren instrumentarij in primerne algoritme obdelave opazovanj. Takšna točnost je primerna za večino geodetskih nalog vse od vzpostavitve in zgoščevanja geodetskih mrež, detaljne izmere, izmere dolžinskih objektov, snemanja oslonilnih točk za fotogrametrične obdelave pa do spremljanja deformacij in premikov. Pri izmeri naletimo na praktično omejitev, katera zahteva zadostno odprtost nad horizontom vseh sprejemnikov v izmeri, to pa zagotavlja sprejem zadostnega števila signalov s satelitov (Kozmus in Stopar, 2003).

## 4 TERENSKI DEL NALOGE

### 4.1 Priprave na teren

Najprej je bilo potrebno izbrati lokacije za izvedbo opazovanj GNSS. Le-te smo izbrali na območju zahodne Slovenije, za katerega smo imeli informacije, da obstaja verjetnost za slabšo kakovost določitve položajev točk z različnimi metodami izmere v omrežju SIGNAL. Za meritve smo izbrali kraje: Gorenja vas, Žiri, Idrija in Črni Vrh. Glavni cilj je bil pridobiti opazovanja GNSS za določitev položajev izbranih točk v globalnem koordinatnem sistemu z dvema različnima metodama in sicer pred in po vključitvi stalne postaje v Idriji v omrežje SIGNAL.

Terensko izmero smo opravili v dveh terminih. V prvem terminu, 21. 5. 2014, stalna postaja v Idriji še ni bila vključena v omrežje SIGNAL. V drugem terminu, 20. 4. 2015, pa je omrežje SIGNAL sestavljalo že 16 slovenskih stalnih postaj. V nadaljevanju bomo opisali vsakega od terminov izvedbe opazovanj posebej, saj se je delo nekoliko razlikovalo.



Slika 6: Lokacije stalnih in merjenih točk ter višine le teh



## 4.2 Opis delovišča

V vsakem kraju, kjer smo izvajali meritve, to je Gorenja vas, Žiri, Idrija ter Črni Vrh smo zakoličili dve točki. Vse točke smo stabilizirali s kovinskim žebljem (slika 9). To nam je olajšalo iskanje točk pri drugi izmeri. V vsakem kraju sta bili točki stabilizirani v razmiku približno enega metra. Na eni točki smo izvajali statično izmero GNSS, na drugi pa RTK GNSS izmero.



Slika 7: Stabilizacija točk na terenu

Točke smo stabilizirali na mestih, kjer je bil omogočen neoviran sprejem signala s satelitov GNSS, proč od bujne vegetacije in stavb. Poleg tega v bližini točk ni bilo problematičnih ovir kot so kovinske strehe in kovinske ograje, ki bi lahko povzročile pojav odboja signala (angl. multipath).

Instrumente GNSS smo postavili na stative ob uporabi doznih in cevnih libel za horizontiranje in optičnega grezila za centriranje. Tako za statično kot tudi za RTK-metodo izmere smo uporabili instrument Leica Viva GS15.

### 4.2.1 Izmera pred vključitvijo stalne postaje v Idriji v SIGNAL

Prva izmera je potekala 20. 4. 2015. Na terenu smo v vsakem kraju najprej vzpostavili dve točki, med katerima je bila razdalja približno 1 meter. Na eni od teh dveh točk smo naredili statično izmero GNSS, ki je trajala 30–45, na drugi pa metodo RTK, in sicer 25 zaporednih ponovitev določitev položaja, vsakič z novo inicializacijo. Meritve smo naredili najprej v Gorenji vasi, nato v Žireh, Idriji in nazadnje v Črnem Vrhu. Vračanje po isti poti smo izkoristili za ponovitev meritev na že prej izmerjenih točkah, da smo neodvisno določili položaje točk ob drugačni geometrijski razporeditvi satelitov GNSS na obzorju. Z RTK-metodo smo pridobili zopet 25 ponovitev določitev položajev ob vsaki na novo vzpostavljeni inicializaciji. Na točki, kjer smo izvajali statično metodo izmere, pa 10 ponovitev določitev položajev z RTK-metodo izmere.

V Gorenji vasi smo na točki GV1 izvajala statično izmero in istočasno na točki GV2 večkratno RTK-metodo izmere za določitev položajev (ker smo naredili 25 inicializacij, so točke označene od GV2 1 do GV2 25) (slika 8).

V Žireh smo na točki Z3 opravili statična opazovanja, na točki Z4 pa RTK-izmero s 25 ponovitvami (Z4 1 – Z4 25). Nadalje smo na točki Z3 opravili 10 ponovitev določitve položaja z RTK (Z3 1 – Z3 10). Na točki Z3 smo naredili le 10 ponovitev zato, ker smo pred tem na točki izvajali statična opazovanja in smo bili omejeni s časom izvedbe meritev na posamezni točki. Situacijo s terenske izmere predstavljamo na sliki 10.

Naslednji točki sta se nahajali v Idriji, kjer smo na točki I5 opravili statično izmero, nato pa še 10 ponovitev z RTK (I5 1 – I5 10). Na točki I6 pa 25 ponovitev z RTK-določitvijo položaja, vsakič z drugo inicializacijo (I6 1 – I6 25). Situacijo s terenske izmere predstavljamo na sliki 12.

Zadnji točki sta se nahajali v Črnem Vrhu, kjer smo na točki CV7 naredili statično izmero, naknadno pa še 10 ponovitev z RTK (CV7 1 – CV7 10). Na točki CV8 smo opravili 50 ponovitev določitve položaja z RTK-metodo izmere (CV8 1 – C8 50). Nato smo na točki C7 opravili še 10 ponovitev določitve položaja z RTK-metodo izmere (CV7 11 – CV7 20). Situacijo s terenske izmere predstavljamo na sliki 14.

Sledila je pot nazaj, najprej smo v Idriji na točki I5 ponovno naredili statično izmero, nato pa še 10 ponovitev določitve položaja z RTK-metodo izmere (I5 11 – I5 20). Na točki I6 smo istočasno določili 25 zaporednih določitvev položajev z RTK-metodo izmere, vsakič z drugo inicializacijo (točke I6 26 – I6 50). Enako smo pridobili opazovanja tudi v Žireh in Gorenji vasi. V Žireh smo na točki Z3 naredili statično izmero, nato pa še 10 ponovitev določitvev položajev z RTK-metodo izmere (Z3 11 – Z3 20). Na točki Z4 spet 25 ponovitev določitvev položaja z RTK-metodo izmere, vsakič z drugo inicializacijo (Z4 26 – Z4 50). V Gorenji vasi smo na točki GV1 pridobili statična opazovanja GNSS. Na točki GV2 smo 25-krat zaporedno določili položaj z RTK-metodo izmere, vsakič z novo vzpostavljeno inicializacijo (točke G2 26 – G2 50).

#### 4.2.2 Izmera po vključitvi stalne postaje v Idriji v SIGNAL

Meritve v terminu, ko je bila stalna postaja v Idriji že vključena v omrežje SIGNAL, smo naredili 20. 4. 2015. V Gorenji vasi nas je pričakalo neprijetno presenečenje, saj zakoličenih točk ni bilo več, ker je bil dovoz na novo asfaltiran. Na približno enakih mestih smo zakoličili novi točki, razdalja med njima je bila 1 meter (slika 9). Na točki GV3 smo nato postavili instrument za enourno statično izmero, na točki GV4 pa za RTK-izmero, in sicer šest serij 3-minutnih (GV4 3 min 3 – GV4 3 min 8) in 5-sekundnih meritev (GV4 5 s 3 – GV4 5 s 8), vsakič z drugo inicializacijo. Na koncu smo naredili na točki GV3 še eno serijo (3 min in 5 s) RTK-meritev. Situacijo s terenske izmere predstavljamo na sliki 9.

V Žireh smo najprej na točki Z3 določili položaj z RTK-metodo izmere, ko smo na točki stali 3-minute po vzpostavljeni inicializaciji, nato je sledila enourna statična izmera GNSS. Medtem smo na točki Z4 osemkrat zaporedoma določili položaje z RTK-metodo izmere, 3 minute in 5 sekund po vzpostavljeni inicializaciji. Po končani enourni statični izmeri GNSS smo na točki Z3 ponovili še 3-minutno določitev položaja z RTK-metodo izmere (slika 11).

V Idriji smo po istem postopku najprej točki I6 določili položaj z RTK izmero, meritve so bile dolge 3 minute, nato smo na tej točki naredili enourno statično izmero. Medtem smo na točki I5 določili 9 zaporednih določitev položajev z RTK-metodo izmere, vsakič z novo inicializacijo. Na koncu smo točki I6 določili položaj z RTK-metodo izmere in sicer 3 minute po opravljeni inicializaciji. Situacijo s terenske izmere predstavljamo na sliki 13.

V Črnem Vrhu smo na točki CV7 naredili enourno statično izmero, medtem ko smo na točki CV8 določali položaj z RTK-metodo izmere. Šlo je za šest zaporedno določenih položajev, vsakič z novo inicializacijo. Na koncu smo na točki CV7 dvakrat določili položaj s 3 minutnimi opazovanji po izvedeni inicializaciji z RTK-metodo izmere. Situacijo s terenske izmere predstavljamo na sliki 15.

Večkratne meritve smo opravili z razlogom, da smo lahko naknadno testirali v uvodu zastavljene hipoteze.



Slika 9: Izmera v Gorenji vasi v prvem terminu



Slika 8: Izmera v Gorenji vasi v drugem terminu



Slika 11: Izmera v Žireh v prvem terminu



Slika 10: Izmera v Žireh v drugem terminu



Slika 12: Izmera v Idriji v prvem terminu



Slika 13: Izmera v Idriji v drugem terminu



Slika 15: Izmera v Črnem Vrhu v prvem terminu



Slika 14: Izmera v Črnem Vrhu v drugem terminu

## 5 OBDELAVA PODATKOV IN PREDSTAVITEV REZULTATOV

### 5.1 Statična metoda pred vključitvijo Idrije v omrežje SIGNAL

Pred vključitvijo stalne postaje v Idriji v omrežje SIGNAL smo na točkah GV1, Z3, I5 in CV7 pridobili opazovanja statične metode izmere GNSS, ko je izmera trajala 30–45 min. Opazovanja, ki smo jih pridobili s statično metodo, smo naknadno obdelali s programskim paketom Leica Geo Office. Poleg opazovanj so bili vhodni podatki za obdelavo tudi opazovanja bližnjih GNSS-stalnih postaj oz. opazovanja postaj VRS, kalibracijski parametri anten GNSS in precizne efemeride.

Kot smo omenili že v uvodu, je bilo pomembno izhodišče za diplomsko nalogo dejstvo, da nam opazovanj statične izmere GNSS, ki smo jih pridobili v prvem terminu, 21. 5. 2014, ni uspelo kakovostno obdelati. Opazovanja smo obdelali na več načinov, poskusili smo se navezati na različne stalne postaje (Bovec, Nova Gorica, Radovljica, Ilirska Bistrica in Ljubljana) v bližini delovišč oziroma smo naredili obdelavo statične izmere tako, da smo v obdelavo vključili kot dane točke postaje VRS. Izbrali smo položaje postaj VRS, ki jih podajamo v preglednici 4.

*Preglednica 4: Položaji VRS v koordinatnem sistemu ETRS 89 pri 1. izmeri 21. 5. 2014*

točka	$\varphi$	$\lambda$	h [m]
Gorenja vas	46° 06' 12,62000" S	14° 08' 41,80000" V	397,000
Žiri	46° 03' 24,49000" S	14° 06' 34,57000" V	498,000
Idrija	46° 01' 08,76000" S	14° 01' 46,69000" V	328,000
Črni Vrh	45° 55' 28,29000" S	14° 03' 08,03000" V	680,000

Ne glede na to, da smo vpliv troposferske refrakcije zmanjšali z uporabo Hopfieldovega modela in smo v obdelavo vključili najbolj kakovostne, končne precizne efemeride, je v vseh primerih obdelave prišlo do rešitve, ko je bila fazna nedoločenost izračunana le v območju realnih števil (angl. float solution).

Ker nam prva izmera ni omogočila pridobitve koordinat točk GV1, Z3, I5 in CV7, smo se odločili, da bodo opazovanja statične metode na teh točkah v drugem terminu daljša, trajala naj bi vsaj eno uro.

## 5.2 Kinematična metoda pred vključitvijo Idrije v SIGNAL

Glede na to, da so bile vse stalne postaje zelo oddaljene od naših delovišč, smo določili položaje točk z RTK-metodo izmere z navezavo na točko VRS. Inicializacija se je ves čas izmere enostavno vzpostavljala, tako so bili položaji kakovostno določeni.

Na točkah GV2, Z4, I6 in CV8 smo določili položaj 25-krat neodvisno na poti naprej in 25-krat neodvisno na poti nazaj. Na točkah Z3, I5 in CV7 smo določili položaj 10-krat neodvisno na poti naprej in ravno tako še 10-krat neodvisno na poti nazaj. Na točkah Z3, I5 in CV7 smo opravili tudi RTK-metodo izmere, ker smo nameravali te koordinate točk naknadno primerjati s koordinatami točk, določenimi s statično metodo izmere GNSS.

Pridobljene sredine koordinat točk v novem koordinatnem sistemu D96/TM na poti naprej podajamo v preglednici 5.

*Preglednica 5: Sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo izmere v koordinatnem sistemu D96/TM na poti naprej*

točka	n [m]	e [m]	H [m]
<b>GV2 1 – GV2 25</b>	107.422,70	433.895,70	397,70
<b>Z3 1 – Z3 10</b>	102.262,37	431.099,80	497,95
<b>Z4 1 – Z4 25</b>	102.263,31	431.100,91	497,91
<b>I5 1 – I5 10</b>	98.153,37	424.866,05	317,32
<b>I6 1 – I6 25</b>	98.154,68	424.866,46	317,28
<b>CV7 1 – CV7 10</b>	87.627,64	426.493,80	679,57
<b>CV8 1 – CV8 25</b>	87.627,95	426.493,04	679,54

V preglednici 6 podajamo sredine koordinat točk v novem koordinatnem sistemu D96/TM na poti nazaj.

*Preglednica 6: Sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo izmere v koordinatnem sistemu D96/TM na poti nazaj*

točka	n [m]	e [m]	H [m]
<b>CV8 26 – CV8 50</b>	87.628,02	426.493,05	679,63
<b>CV7 11 – CV7 20</b>	87.627,63	426.493,80	679,64
<b>I5 11 – I5 20</b>	98.153,34	424.866,04	317,36
<b>I6 26 – I6 50</b>	98.154,65	424.866,45	317,35
<b>Z3 11 – Z3 20</b>	102.262,33	431.099,82	498,03
<b>Z4 26 – Z4 50</b>	102.263,26	431.100,91	497,98
<b>GV2 26 – GV2 50</b>	107.422,69	433.895,70	397,71

Primerjali smo sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo v enem dnevu, in sicer v razmiku približno 2 uri med meritvama (pot naprej in pot nazaj), saj je v tem času je prišlo do spremembe geometrijske razporeditve satelitov na obzorju. V preglednici 7 predstavljamo odstopanja med koordinatami. Razberemo lahko, da je prišlo do največjih odstopanj pri višinski komponenti, in sicer od 1 cm do 9 cm. Pri horizontalnih koordinatah ponekod ni bilo razlik, največja razlika je bila 7 cm. Vidimo, da različna geometrijska razporeditev satelitov res vpliva na določitev položaja. To utemelji trditev, da je potrebno določati položaj večkrat neodvisno.

Preglednica 7: Odstopanja položajev točk v koordinatnem sistemu D96/TM

točka	$\Delta n$ [m]	$\Delta e$ [m]	$\Delta H$ [m]
CV8	0,00	0,00	-0,01
CV7	0,04	-0,02	-0,08
I5	0,05	0,00	-0,07
I6	0,03	0,01	-0,04
Z3	0,03	0,01	-0,06
Z4	0,01	-0,00	-0,07
GV2	-0,07	-0,01	-0,09

V preglednicah 5 in 6 predstavljamo samo sredine koordinat točk, zato bodo v nadaljevanju dodane še največje in najmanjše vrednosti ter razlike med njimi (preglednica 8 in preglednica 9).

Preglednica 8: Največje in najmanjše vrednosti koordinat na poti naprej ter odstopanja med njimi

točka	n [m]	e [m]	H [m]	RAZLIKA [m]
GV2 (1-25) MAX	107.422,70	433.895,71	397,72	$\Delta n = 0,01$ $\Delta e = 0,02$ $\Delta H = 0,05$
GV2 (1-25) MIN	107.422,69	433.895,69	397,67	
Z4 (1-25) MAX	102.263,32	431.100,92	497,92	$\Delta n = 0,02$ $\Delta e = 0,02$ $\Delta H = 0,03$
Z4 (1-25) MIN	102.263,30	431.100,90	497,89	
I6 (1-25) MAX	98.154,69	424.866,47	317,31	$\Delta n = 0,02$ $\Delta e = 0,01$ $\Delta H = 0,05$
I6 (1-25) MIN	98.154,67	424.866,46	317,26	
CV8 (1-25) MAX	87.628,03	426.493,06	679,62	$\Delta n = 0,17$ $\Delta e = 0,04$ $\Delta H = 0,17$
CV8 (1-25) MIN	87.627,87	426.493,02	679,45	

Preglednica 9: Največje in najmanjše vrednosti koordinat na poti naprej ter odstopanja med njimi

točka	n [m]	e [m]	H [m]	RAZLIKA [m]
GV2 (25-50) MAX	107.422,71	433.895,71	397,75	$\Delta n = 0,03$ $\Delta e = 0,02$ $\Delta H = 0,07$
GV2 (25-50) MIN	107.422,68	433.895,69	397,68	
Z4 (25-50) MAX	102.263,27	431.100,92	498,00	$\Delta n = 0,02$ $\Delta e = 0,02$ $\Delta H = 0,04$
Z4 (25-50) MIN	102.263,25	431.100,91	497,96	
I6 (25-50) MAX	98.154,66	424.866,47	317,40	$\Delta n = 0,03$ $\Delta e = 0,03$ $\Delta H = 0,09$
I6 (25-50) MIN	98.154,64	424.866,44	317,31	
CV8 (25-50) MAX	87.628,04	426.493,07	679,68	$\Delta n = 0,04$ $\Delta e = 0,02$ $\Delta H = 0,08$
CV8 (25-50) MIN	87.628,00	426.493,04	679,60	

Iz numeričnih vrednosti iz preglednice 8 lahko sklepamo, da je ena izmed meritev na poti naprej v Črnem Vrhu 'napačna', saj so odstopanja zelo velika. Zopet se pojavljajo največje razlike pri višinski komponenti, in sicer znašajo od 3 cm do 17 cm. Razlike pri horizontalnih komponentah položaja so manjše, znašajo od 1 cm do 4 cm.

### 5.3 Statična metoda po vključitvi Idrije v SIGNAL

Pri obdelavi opazovanj, pridobljenih v drugem terminu izmere, 20. 4. 2015 smo ravno tako obdelali opazovanja enourne statične izmere z uporabo preciznih efemerid službe IGS in z navezavo na VRS. Položaje izbranih točk VRS podajamo v preglednici 10.

Preglednica 10: Položaji VRS v koordinatnem sistemu ETRS89 pri 2. izmeri 20. 4. 2015

točka	$\varphi$	$\lambda$	h [m]
Gorenja vas	46° 07' 42,74000" S	14° 06' 49,49000" V	464,000
Žiri	46° 03' 17,15000" S	14° 06' 38,20000" V	677,000
Idrija	46° 01' 07,58000" S	14° 01' 46,56000" V	325,000
Črni Vrh	45° 55' 31,42000" S	14° 03' 10,39000" V	677,000

Rezultat izravnave so geodetske koordinate novih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu (preglednica 11), katere smo naknadno s programom SiTraNet pretvorili v koordinatni sistem D96/TM (preglednica 12).

Preglednica 11: Geodetske koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu

točka	$\varphi$	$\lambda$	h [m]
GV1	46° 06' 12,20806" S	14° 08' 41,83000" V	444,792
Z3	46° 03' 24,08239" S	14° 06' 34,35883" V	544,970
I6	46° 01' 08,68652" S	14° 01' 46,71656" V	364,115
CV7	45° 55' 28,38016" S	14° 03' 08,18808" V	726,359

Razlika elipsoidnih višin h in interpolirane geoidne višine N iz absolutnega modela geoida Slovenije iz leta 2000 je normalna-ortometrična višina H.

Preglednica 12: Koordinate točk v koordinatnem sistemu D96/TM

točka	n [m]	e [m]	H [m]
GV1	107.422,78	433.895,40	397,84
Z3	102.262,35	431.099,80	498,11
I6	98.154,65	424.866,45	317,42
CV7	87.627,62	426.493,79	679,83

Na točkah, kjer smo naredili statično izmero, smo pred pričetkom in po zaključku določili položaje še z RTK-metodo izmere. Glede na to, da smo pridobili več koordinat točk, so v preglednici 13 podane sredine le-teh. Te koordinate bomo v nadaljevanju primerjali s koordinatami, pridobljenimi s statično metodo izmere.

Preglednica 13: Sredine koordinat točk, določenih z RTK-metodo izmere

točka	n [m]	e [m]	H [m]
GV1	107.422,51	433.895,39	397,72
Z3	102.262,37	431.099,82	498,01
I6	98.154,68	424.866,47	317,24
CV7	87.627,62	426.493,80	679,71

Koordinate, določene z RTK-metodo izmere, smo primerjali s koordinatami, določenimi s statično metodo izmere. V preglednici 13 podajamo razlike med koordinatami. Vidimo, da je največja razlika pri višinski komponenti in znaša decimeter in več.



Pri horizontalnih komponentah so odstopanja manjša, od 1 cm do 3 cm. Odstopa pa  $\Delta n$  pri točki GV1, ki znaša skoraj 3 decimetre.

*Preglednica 14: Razlika položajev točk določenih z dvema različnima metodama koordinatnem sistemu D96/TM*

točka	$\Delta n$ [m]	$\Delta e$ [m]	$\Delta H$ [m]
GV1	0,27	0,01	0,12
Z3	-0,02	-0,02	0,10
I6	-0,03	-0,02	0,18
CV7	0,00	-0,01	0,11

Ker smo v prvem terminu izmere pridobili z RTK-metodo tudi koordinate točk Z3, I6 in CV7, jih bomo v nadaljevanju primerjali s koordinatami, pridobljenimi v drugem terminu izmere s statično metodo (preglednica 15). Točke GV1 ne moremo primerjati, saj je bila v drugem terminu stabilizirana na drugi lokaciji.

*Preglednica 15: Primerjava koordinat točk določenih v prvem terminu z RTK-metodo izmere in drugem terminu s statično metodo v koordinatnem sistemu D96/TM*

točka	$\Delta n$ [m]	$\Delta e$ [m]	$\Delta H$ [m]
Z3	-0,02	-0,00	0,16
I6	-0,00	-0,01	0,07
CV7	-0,02	-0,01	0,26

Iz preglednice 15 je razvidno, da so razlike med koordinatami, določenimi v dveh različnih terminih ter z dvema različnima metodama izmere GNSS zelo majhne. Razlike komponent horizontalnega položaja so manjše od 2 cm, pri višinski komponenti so razlike večje, in sicer od 7 cm do 26 cm.

#### 5.4 Kinematična metoda po vključitvi Idrije v SIGNAL

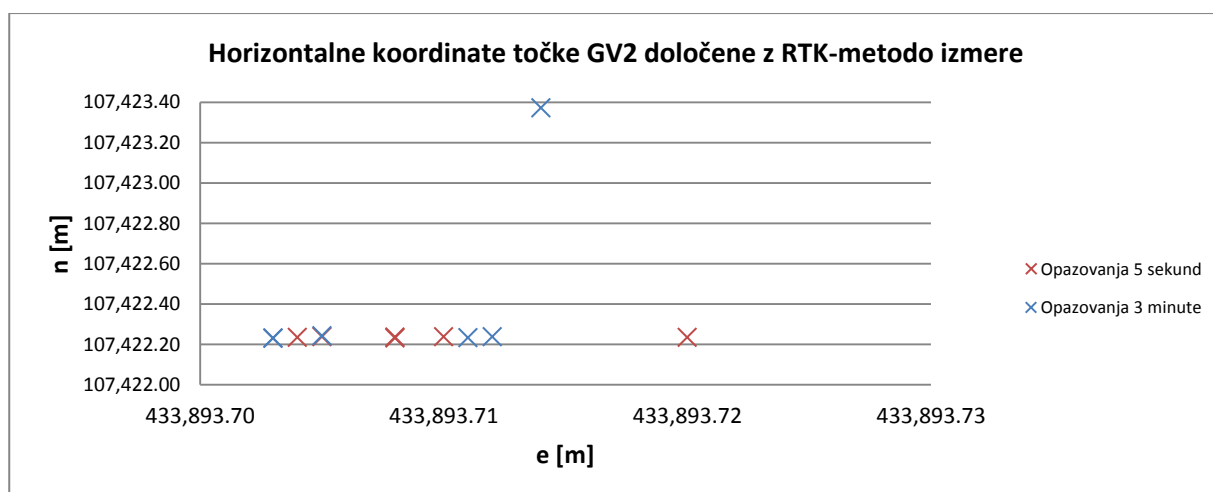
V drugem terminu smo se glede na to, da je bila stalna postaja Idrija relativno v bližini naših delovišč, navezali na njo. V Črnem Vrhu smo imeli nekaj problemov z vzpostavitvijo inicializacije, v drugih krajih je delo potekalo tekoče.

V Gorenji vasi smo naredili na točki GV2 šest serij 3 minutnih in 5 sekundnih neodvisnih opazovanj (preglednica 16).

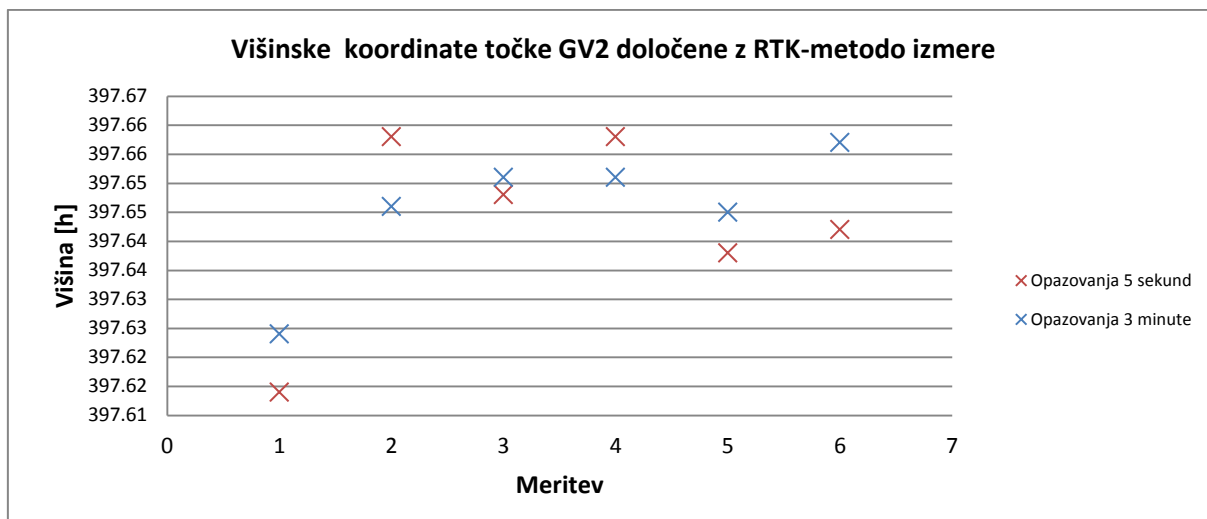
Preglednica 16: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki GV2 v Gorenji vasi

točka	n [m]	e [m]	H [m]	povprečje [m]	razlika [m]	
opazovanja dolga 3 minute						
GV2 3min 1	107.423,37	433.893,71	397,62	n = 107.422,42 e = 433.893,71 H = 397,65	Δn = 0,19 Δe = 0,00 ΔH = 0,00	
GV2 3min 2	107.422,23	433.893,70	397,65			
GV2 3min 3	107.422,24	433.893,71	397,65			
GV2 3min 4	107.422,23	433.893,71	397,65			
GV2 3min 5	107.422,24	433.893,71	397,65			
GV2 3min 6	107.422,23	433.893,70	397,66			
opazovanja dolga 5 sekund						
GV2 5s 1	107.422,23	433.893,72	397,61	n = 107.422,24 e = 433.893,71 H = 397,64		
GV2 5s 2	107.422,24	433.893,71	397,66			
GV2 5s 3	107.422,23	433.893,71	397,65			
GV2 5s 4	107.422,24	433.893,71	397,66			
GV2 5s 5	107.422,24	433.893,71	397,64			
GV2 5s 6	107.422,23	433.893,70	397,64			

V preglednici 16 podajamo v petem stolpcu povprečja 3-minutnih in 5-sekundnih opazovanj. Sledi šesti stolpec, v katerem je predstavljamo razliko med opazovanji različnih dolžin (3 minute in 5 sekund). Vidimo, da so razlike majhne, oz. jih skoraj ni, razen v primeru koordinate n, kjer je prišlo do razlike 19 cm. To je vidno tudi na sliki 16, kjer eno 3-minutno opazovanje (moder križec) izstopa od ostalih. Na sliki 17 vidimo, da je razlika med najmanjšo višino 5-sekundnega opazovanja in 3-minutnega opazovanja le 1 cm, med najmanjšo in največjo višino 5-sekundnega opazovanja oz. 3-minutnega pa okrog 4 cm.



Slika 16: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke GV2 v koordinatnem sistemu D96/TM



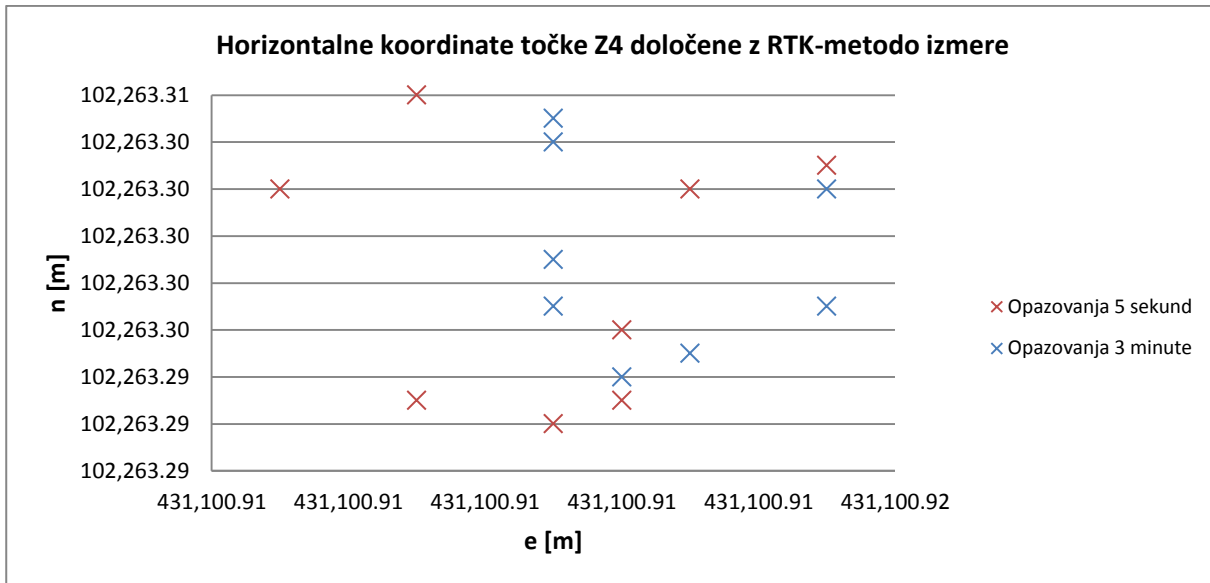
Slika 17: Grafično predstavljena višina točke GV2 v koordinatnem sistemu D96/TM

Sledilo je delovišče v Žireh, in sicer na točki Z4, kjer smo opravili 8 serij opazovanj z različnimi časovnimi intervali. Koordinate vseh določenih točk, povprečje 3-minutnih in 5-sekundnih opazovanj ter razlika med povprečjema je prikazana v preglednici 17. Razberemo lahko, da so razlike med sredinama opazovanj različnih časovnih intervalov manjše od 1 cm.

Preglednica 17: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki Z4 v Žireh

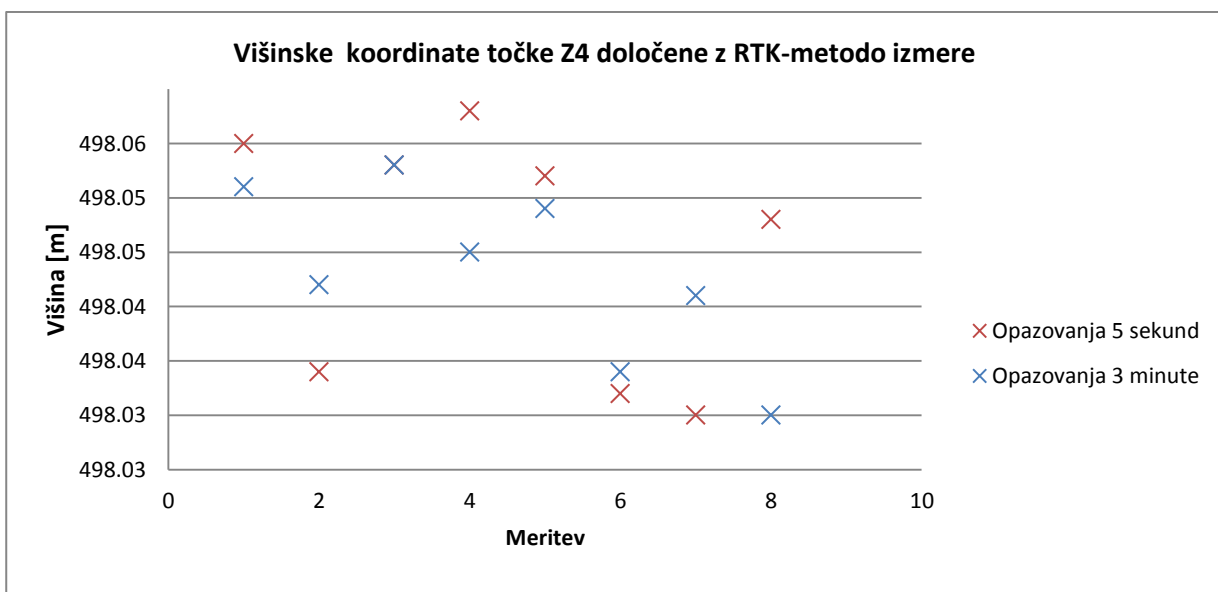
točka	n [m]	e [m]	H [m]	povprečje [m]	razlika [m]
opazovanja dolga 3 minute					n = 102.263,30 e = 431.100,91 H = 498,04  Δn = 0,00 Δe = 0,00 ΔH = 0,00
Z4 3min 1	102.263,30	431.100,92	498,05		
Z4 3min 2	102.263,30	431.100,91	498,04		
Z4 3min 3	102.263,30	431.100,91	498,05		
Z4 3min 4	102.263,30	431.100,91	498,05		
Z4 3min 5	102.263,30	431.100,92	498,05		
Z4 3min 6	102.263,29	431.100,91	498,03		
Z4 3min 7	102.263,30	431.100,91	498,04		
Z4 3min 8	102.263,31	431.100,91	498,03		
opazovanja dolga 5 sekund					
Z4 5s 1	102.263,30	431.100,92	498,06	n = 102.263,30 e = 431.100,91 H = 498,05	
Z4 5s 2	102.263,30	431.100,91	498,03		
Z4 5s 3	102.263,29	431.100,91	498,05		
Z4 5s 4	102.263,29	431.100,91	498,06		
Z4 5s 5	102.263,29	431.100,91	498,05		
Z4 5s 6	102.263,30	431.100,91	498,03		
Z4 5s 7	102.263,31	431.100,91	498,03		
Z4 5s 8	102.263,30	431.100,91	498,05		

Na sliki 18 je razvidno, da je razlika med najmanjšo in največjo vrednostjo koordinat, določenih s 5- sekundnimi opazovanji okrog 2 centimetra, pri 3-minutnih opazovanjih je ta razlika nekoliko manjša, in sicer znaša vzdolž osi N 1 cm, vzdolž osi E pa je manj kot 1 cm.



Slika 18: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke Z4 v koordinatnem sistemu D96/TM

Na sliki 19 grafično predstavljamo koordinate točke Z4. Vidimo, da je razlika med najmanjšo in največjo vrednostjo višinske komponente, določene z opazovanji dolžine 3 minute 2 cm, pri krajših, 5-sekundnih opazovanjih je pršlo do večjega odstopanja, in sicer 3 cm.



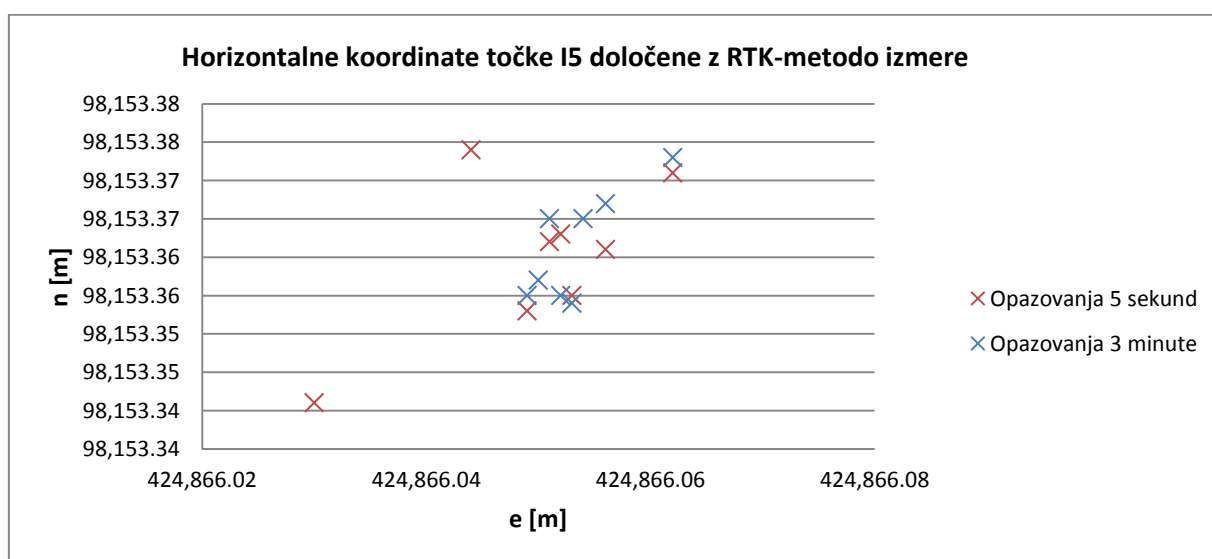
Slika 19: Grafično predstavljena višina točke Z4 v koordinatnem sistemu D96/TM

Sledi 9 serij opazovanj na delovišču v Idriji, na točki I5. Koordinate točk, določene z različnimi časovnimi intervali, povprečje koordinat 9 serij ter razlika med povprečjema 3-minutnih in 5-sekundnih opazovanj so prikazane v preglednici 18.

Preglednica 18: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki I5 v Idriji

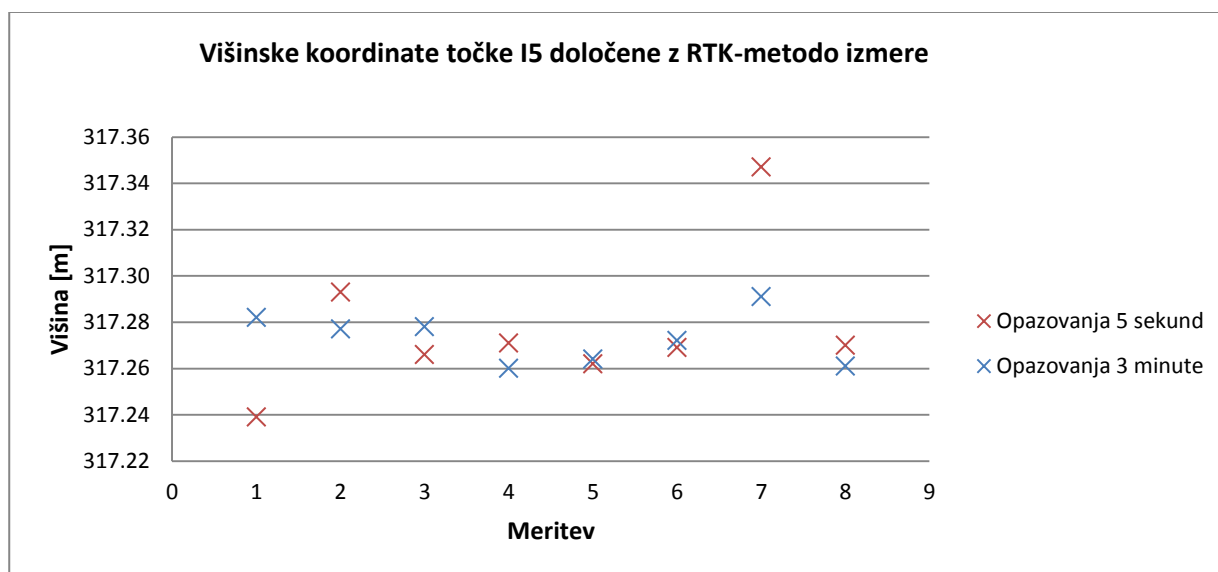
točka	n [m]	e [m]	H [m]	povprečje [m]	razlika [m]
opazovanja dolga 3 minute					$\Delta n = 0,00$ $\Delta e = 0,00$ $\Delta H = 0,00$
I5 3min 1	98.153,37	424.866,06	317,28	n = 98.153,36 e = 424.866,05 H = 317,27	
I5 3min 2	98.153,36	424.866,05	317,28		
I5 3min 3	98.153,36	424.866,05	317,28		
I5 3min 4	98.153,35	424.866,05	317,26		
I5 3min 6	98.153,37	424.866,05	317,26		
I5 3min 7	98.153,37	424.866,05	317,27		
I5 3min 8	98.153,36	424.866,05	317,29		
I5 3min 9	98.153,37	424.866,06	317,26		
opazovanja dolga 5 sekund					
I5 5s 1	98.153,37	424.866,06	317,24	n = 98.153,36 e = 424.866,05 H = 317,28	
I5 5s 2	98.153,35	424.866,05	317,29		
I5 5s 3	98.153,36	424.866,05	317,27		
I5 5s 4	98.153,36	424.866,05	317,27		
I5 5s 6	98.153,36	424.866,06	317,26		
I5 5s 7	98.153,36	424.866,05	317,27		
I5 5s 8	98.153,34	424.866,03	317,35		
I5 5s 9	98.153,37	424.866,04	317,27		

Iz preglednice 18 lahko vidimo, da je tudi v tem primeru odstopanje med povprečjema koordinat, določenih z različnima dolžinama opazovanj, manjše od 1 cm. Slika 20 nam predstavi odstopanje med največjo in najmanjšo vrednostjo horizontalnega položaja točk, določenega s 3-minutnimi opazovanji, kjer znaša odstopanje okrog 2 cm, pri točkah, določenih s 5-sekundnimi opazovanji so tudi na tej točki večja odstopanja in znašajo 3 cm.



Slika 20: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke I5 v koordinatnem sistemu D96/TM

Tudi na točki I5 je višinska komponenta določena slabše. Odstopanje med največjo in najmanjšo vrednostjo višine točk, določene s 3-minutnimi opazovanji po inicializaciji znaša 3 cm, kar 11 cm pa odstopanje v višini točk, določenih z intervalom 5 sekund (slika 21).



Slika 21: Grafično predstavljena višina točke I5 v koordinatnem sistemu D96/TM

Sledi še predstavitev rezultatov, ki smo jih pridobili na zadnjem delovišču, v Črnem Vrhu na točki CV8. Naredili smo 6 serij, koordinate določenih točk, povprečje koordinat 3-minutnih in 5-sekundnih opazovanj ter razlike med temi predstavljamo v preglednici 19.

Preglednica 19: Rezultati pridobljeni po vključitvi Idrije z RTK metodo na točki v Črnem Vrhu

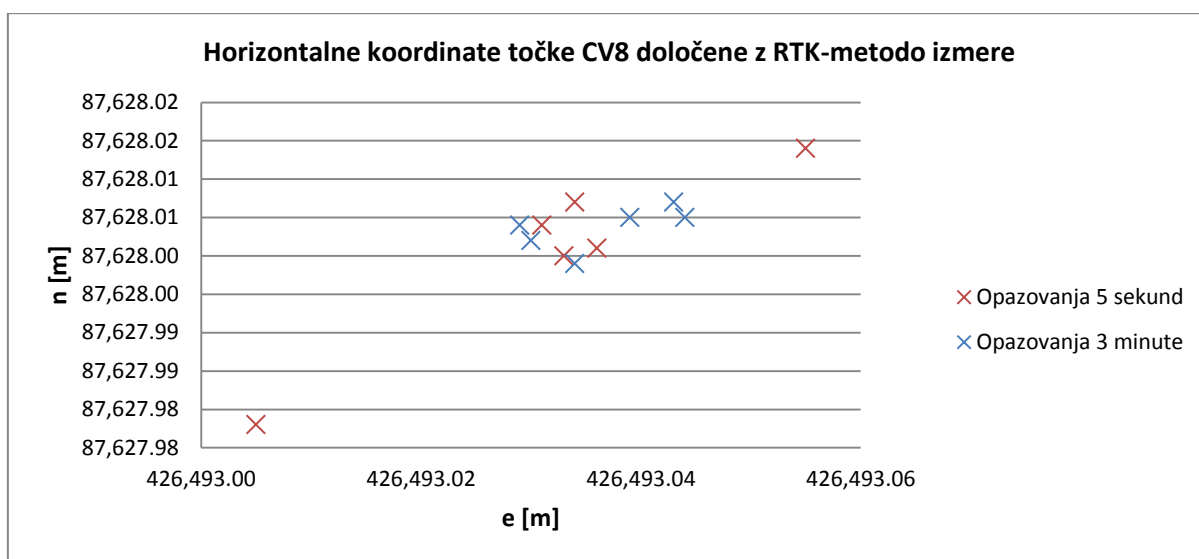
točka	n [m]	e [m]	H [m]	povprečje [m]	razlika [m]	
opazovanja dolga 3 minute						
CV8 3min 1	87.628,00	426.493,03	679,68	n = 87.628,00 e = 426.493,04 H = 679,69	Δn = 0,00 Δe = 0,00 ΔH = 0,01	
CV8 3min 2	87.628,00	426.493,03	679,68			
CV8 3min 3	87.628,00	426.493,03	679,69			
CV8 3min 4	87.628,01	426.493,04	679,72			
CV8 3min 5	87.628,01	426.493,04	679,70			
CV8 3min 6	87.628,01	426.493,04	679,69			
opazovanja dolga 5 sekund						
CV8 5s 1	87.628,00	426.493,03	679,70	n = 87.628,00 e = 426.493,03 H = 679,70		
CV8 5s 2	87.628,00	426.493,03	679,69			
CV8 5s 3	87.628,01	426.493,03	679,71			
CV8 5s 4	87.628,01	426.493,06	679,74			
CV8 5s 5	87.628,00	426.493,04	679,70			
CV8 5s 6	87.627,98	426.493,01	679,67			

Kot v prejšnjih primerih je tudi v tem primeru razlika med povprečnimi koordinatami točk, ki so bile določene z različno dolžino opazovanj, manjša od 1 cm, razen v primeru višinske komponente, kjer je razlika 1 cm.

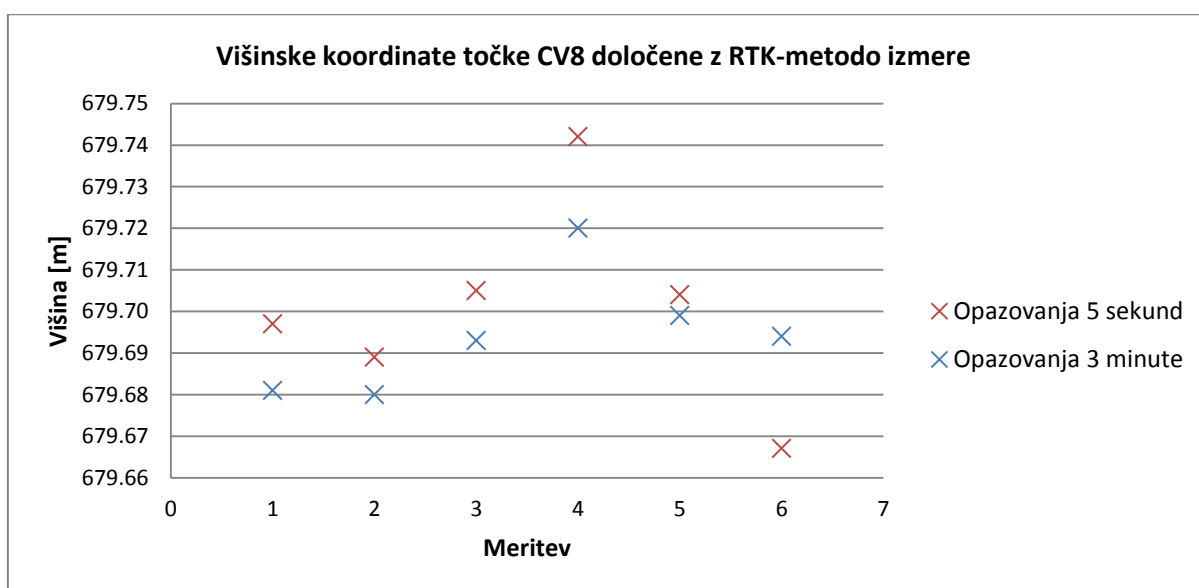
Kot vidimo na slikah 22 in 23 se je spet zgodilo pričakovano, in sicer so razlike med največjimi in najmanjšimi vrednostmi koordinat, določenimi z opazovanji dolžine 5 sekund večje od razlik med koordinatami, določenimi s 3-minutnimi opazovanji.

V primeru opazovanj dolžine 3 minut znašajo odstopanja pri horizontalnem položaju vzdolž osi E 2 cm, vzdolž osi N pa zgolj 1 cm. Tudi na tem primeru se je izkazalo, da je odstopanje v višini položaja večje, in sicer 4 cm (slika 23).

5-sekundna opazovanja po opravljeni inicializaciji so tudi v tem primeru pripeljala do večjih odstopanj med največjo in najmanjšo vrednostjo koordinat. Pri koordinati n je razlika 4 cm, koordinata e pa je različna za 5 cm. Največje odstopanje je zopet pri višini in znaša 7 cm.



Slika 22: Grafično predstavljene horizontalne koordinate točke CV8 v koordinatnem sistemu D96/TM



Slika 23: Grafično predstavljena višina točke CV8 v koordinatnem sistemu D96/TM

## 6 ZAKLJUČEK

Iz opisa praktičnega dela, obdelave opazovanj in analize rezultatov lahko komentiramo hipoteze, ki smo jih postavili na začetku naloge.

Najprej smo predpostavili, da bo po vključitvi stalne postaje v Idriji mogoče bolj kakovostno določiti položaj tako s statično kot tudi z RTK-metodo izmere. Opazovanj GNSS statične metode izmere nam v prvem poizkusu obdelave ni uspelo kakovostno obdelati, saj je bila fazna nedoločenost določena vedno v okviru realnih števil. Zanimivo pa je, da je bila v prvem terminu izmere v primeru RTK-metode izmere inicializacija uspešno določena. Razloga za takšen razplet ne znamo pojasniti. Z obdelavo opazovanj, pridobljenih v drugem terminu izmere, po vključitvi stalne postaje v Idriji, nismo imeli težav. Tako lahko hipotezo v celoti potrdimo, saj je mogoče po izboljšavi omrežja SIGNAL bolj kakovostno določiti položaj z različnimi metodami izmere GNSS.

Poleg tega smo naredili primerjavo koordinat istih točk, ki so bile v drugem terminu izmere določene z dvema različnima metodama. V primeru horizontalnega položaja je prišlo do majhnih razlik, nekje do 3 cm, v primeru vertikalnega položaja pa so bile razlike večje od 10 cm. Naredili smo tudi primerjavo koordinat točk, določenih v prvem in drugem terminu; primerjali smo koordinate iz RTK-metode izmere v 1. terminu in koordinate, pridobljene s statično metodo izmere v 2. terminu. Odstopanja med koordinatami točk, določenimi v različnih terminih in z različnima metodama izmere so bila večja od prej omenjenih. Iz tega lahko še enkrat potrdimo, da je po vključitvi nove stalne postaje v Idriji mogoče bolj kakovostno določiti položaj.

Drugo hipotezo, v kateri smo predpostavili, da se bodo položaji točk, katere smo določili vsakič z novo inicializacijo, razlikovali v definicijskem območju točnosti RTK-metode izmere, prav tako lahko potrdimo. V skoraj vseh primerih smo prišli do razlike nekaj cm, vendar so se pričakovano največje razlike pojavile pri višinski komponenti položaja.

Tretja hipoteza se je navezovala na dolžino intervala opazovanj z RTK-metodo izmere. Predpostavili smo, da bodo položaji točk, določeni z daljšim intervalom opazovanj (3 minute) bolj kakovostni od položajev, določenih s krajšim intervalom opazovanj (5 sekund). Hipotezo lahko za konkretno uporabljeni instrumentarij Leica Viva GS15 v celoti potrdimo za vsa štiri delovišča. Tudi v tem primeru so bile razlike pri višinski koordinati nekoliko večje.

Tekom diplomske naloge smo potrdili, da je ima primerna razporeditev postaj GNSS pomembno vlogo. To smo potrdili z rezultati, pridobljenimi po vključitvi stalne postaje v Idriji v omrežje SIGNAL. Zaradi manjše oddaljenosti med stalnimi postajami in posledično boljše razporeditve smo lahko bolj kakovostno obdelali opazovanja GNSS različnih metod izmere.

Nova stalna postaja v Idriji bo imela dodatno pomembno vlogo pri proučevanju geotektonskega dogajanja na danem območju. Postaja se nahaja na zanimivem potresno aktivnem območju. Idrijo je v letu 1511 prizadel eden najmočnejših potresov, ki je porušil celotno mesto in terjal ogromno smrtnih žrtev. Časovna vrsta opazovanj GNSS v globalnem koordinatnem sistemu, pridobljena v prenovljenem omrežju SIGNAL, bo v prihodnosti nudila odgovore o lokalnem geotektonskem dogajanju na tem območju.

Sicer nekaj let stalne postaje v Idriji še ne bomo mogli uporabiti za visokonatančne geološke raziskave dogajanja na tem območju, saj postaja še nima dovolj dolge časovne vrste



opazovanj. Je pa to naložba v znanje za prihodnost, ko bo morda prav na osnovi časovne vrste opazovanj s stalne postaje v Idriji geologom odgovoriti na sedaj še nerazjasnjena vprašanja.

## VIRI

Antena Leica. 2013.

<http://www.allenprecision.com/survey/gps/accessories/external-antennas/leica-ar10-multi-purpose-gnss-reference-station-antenna-with-built-in-ground-plate-and-integrated-radome/>

(Pridobljeno 17.8.2015)

Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera: str. 19 – 21.

[http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni\\_izpiti/msggeo/Geodetska\\_izmera\\_2009.pdf](http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msggeo/Geodetska_izmera_2009.pdf)

(Pridobljeno 24. 7. 2015)

Koncept VRS. 2015.

<http://www.intechopen.com/books/satellite-positioning-methods-models-and-applications/network-real-time-kinematic-nrtk-positioning-description-architectures-and-performances> (Pridobljeno 1. 8. 2015)

Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami: str. 408 – 409.

[http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4\\_404-413.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf) (Pridobljeno 24. 7. 2015)

Kozmus, K., Stopar, B. 2004. Infrastruktura omrežij permanentnih postaj GPS: str. 85 – 87.

[http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2004/SZGG\\_04\\_Kozmus\\_Stopar.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2004/SZGG_04_Kozmus_Stopar.pdf) (Pridobljeno 2. 8. 2015)

National Geodetic Survey. 2015.

<http://www.ngs.noaa.gov/> (Pridobljeno 21. 4. 2015)

Omrežje SIGNAL. 2015.

<http://www.gu-signal.si/> (Pridobljeno 24. 7. 2015)

Petovello, M. 2011. What is a virtual reference station and how does it work. Inside GNSS 4: 28-30.

<http://www.insidegnss.com/node/2687> (Pridobljeno 17. 8. 2015)

Wang C., Feng Y., Higgins M., Cowie B. 2010. Assessment of commercial Network RTK user positioning performance over long inter-station distances. Journal of Global Positioning Systems, 9(1): 78-89.

Weber, J., Vrabec, M., Pavlovčič Prešeren, P., Dixon, T., Jiang, Y., Stopar, B. 2010. GPS-Derived Motion of the Adriatic Microplate from Istria Peninsula and Po Plain Sites and Geodynamic Implications. Tectonophysics 483, 3–4: 214–222.

doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2009.09.001>